ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 AVRIL 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉOLOGIE. — *Signification des perturbations enregistrées par les phosphates du Hodna (Algérie) pendant et après leur dépôt.* Note de M. **LUCIEN CAYEUX.**

La formation phosphatée, dite suessonienne, dont on sait l'importance en Tunisie et au Sud du département de Constantine, reparaît, après une longue interruption, au Sud-ouest de Sétif, sur le méridien de Bougie, dans le massif du Hodna. C'est là que se trouvent les centres d'extraction, en activité ou non, de M'Zaïta, Tocqueville et Bordj R'dir.

Subordonnée à des *calcaires à silex* de faible puissance (15-20^{m}, M'Zaïta), la formation en question est comprise entre des *marnes* noires à *Exogyra Overwegi* et des calcaires à Thersitées. Au dire de M. J. Savornin (1), l'assise des marnes passe au Crétacé sans solution de continuité, mais il arrive qu'elle manque et que les calcaires à silex avec phosphates reposent en transgression sur le Crétacé.

Les phosphates du Hodna sollicitent l'attention, avant tout par la fréquence et l'importance des perturbations qu'ils ont enregistrées, c'est-à-dire par l'extraordinaire mobilité des fonds sous-marins d'un bout à l'autre de la formation phosphatée.

De tous les complexes phosphatés analysés jusqu'à présent, celui du Hodna est, sans doute possible, le plus riche en ruptures d'équilibre. Les nombreuses variations de puissance des couches et les non moins nombreux

---

(1) *Bull. Carte géol. Algérie*, 2e série, 7, 1920, p. 287.

changements lithologiques réalisés dans l'épaisseur restreinte, correspondant aux horizons successifs, non seulement d'un gisement à l'autre, mais en différents points d'un même gisement, l'épaisseur réduite et parfois le coincement des bancs phosphatés, la proportion élevée des couches ravinées et perforées, les phénomènes de remaniement, les multiples poudingues observés, sans parler de la grande transgression qui prélude à la genèse du complexe phosphaté, constituent, à cet égard, un ensemble de témoignages très décisifs, et pour le moment uniques, ne laissant aucun doute sur la très grande instabilité du bassin générateur des phosphates du Hodna.

Or, il se fait que *la formation qui enregistre le maximum de perturbations, au cours de son dépôt, est en même temps celle qui a enregistré le maximum de dislocations après son émersion.*

Les gisements mis en exploitation et ceux beaucoup plus nombreux qui sont, pour l'instant, dénués d'importance pratique, représentent des témoins d'une formation primitivement continue, très disloquée, d'une richesse exceptionnelle en failles, et réduits en lambeaux, isolés par l'érosion qui en a détruit la plus grande partie. Les cartes d'affleurements de phosphate du versant nord du Djebel Mahdid et des îlots suessoniens du M'Zaïta, publiées par D. Dussert (²), fournissent une bonne image du morcellement de la formation et de ses principales failles.

Sommes-nous là en présence d'une coïncidence toute fortuite, ou d'un enchaînement de phénomènes auquel il est permis d'attacher une portée générale? A cette question, il me paraît logique de répondre que les fonds sur lesquels s'accumulaient les phosphates, étaient déjà troublés par les mouvements qui, en se multipliant et en s'accentuant, plus tard, devaient engendrer les innombrables dislocations qui accidentent le plateau du Hodna.

Si cette interprétation est fondée, et tout fait supposer qu'elle l'est, nous avons là un nouvel exemple de mouvements de très longue haleine, qui n'attirent l'attention que par leurs dernières manifestations, et dont la caractéristique est d'affecter le fond des mers, dont ils vont, avec le temps, relever, plisser et disloquer les sédiments.

Nous savons déjà qu'il en fut ainsi pour le Bassin de Paris, mais avec une moindre ampleur, à trois époques différentes, correspondant respectivement à la genèse des minerais de fer oolithique de Lorraine, des craies

---

(²) *Ann. Mines,* 12ᵉ série, *Mém.*, 6, 1924, pl. VI et VII.

magnésiennes, ainsi que des craies phosphatées sénoniennes. A chacune de ces époques, des sédiments, en voie de formation sur le fond de la mer, longtemps avant que les ondulations, dont ils sont l'amorce, ne soient acquises définitivement à la terre ferme, ont profondément influencé et conditionné le milieu générateur des produits énumérés.

Il n'est pas interdit de penser que de pareils cycles de phénomènes ne sont pas aussi rares dans la série des temps géologiques que l'état de nos connaissances le fait supposer, et que, dans cet ordre d'idées, l'étude micrographique des dépôts sédimentaires réserve aux chercheurs un vaste champ d'investigation dont on ne saurait méconnaître le grand intérêt.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Influence possible des actions mécaniques (vibrations) et des perturbations magnétiques sur le champ magnétique terrestre et ses anomalies.* Note de M. **Charles Maurain.**

On sait que des actions mécaniques (vibrations, trépidations, torsions, tractions) et aussi l'action de champs magnétiques variables, peuvent faire varier l'aimantation, soit l'aimantation induite acquise par l'effet d'un champ magnétique, soit l'aimantation rémanente persistant après suppression du champ magnétique.

J'ai étudié jadis ce phénomène sur les métaux ferromagnétiques [1] et montré comment il se présente suivant la phase d'un cycle de champ magnétique auquel est soumis l'échantillon. En particulier, l'aimantation acquise sous l'influence d'un champ magnétique faible peut être beaucoup accrue si l'échantillon est soumis à des actions mécaniques ou à un champ magnétique variable; inversement, dans le cas où l'échantillon a été soumis antérieurement à un champ magnétique plus élevé que le champ magnétique actuel, de telles actions peuvent diminuer beaucoup son aimantation.

Ces phénomènes jouent sans doute un rôle dans les variations de l'état d'aimantation des matériaux constituant le Globe terrestre, et par suite dans les variations de la distribution du champ magnétique terrestre à la surface.

Les matériaux de la croûte terrestre sont plus ou moins aimantés, suivant leur susceptibilité magnétique, très diverse, et suivant leur histoire

---

[1] *Journal de Physique*, 4e série, 3, 1904, p. 257.

magnétique. A cette aimantation est dû un certain champ magnétique, qui intervient dans le champ d'ensemble à la surface de la Terre, en particulier dans les anomalies magnétiques plus ou moins étendues, et est le fondement de la méthode magnétique d'étude du sous-sol qui s'est beaucoup développée dans ces derniers temps. Ces matériaux sont soumis constamment au champ magnétique terrestre. On conçoit que leur état d'aimantation puisse varier sous l'influence d'actions mécaniques telles que celles résultant des tremblements de terre, ou même sous l'influence des mouvements vibratoires de très faible amplitude constituant ce qu'on appelle l'agitation microséismique. Il peut varier aussi sous l'influence des champs magnétiques variables constituant les perturbations magnétiques.

On a souvent signalé, dans des pays à forte séismicité comme le Japon, des changements dans la distribution du champ magnétique terrestre, changements attribués aux tremblements de terre. Dans ces variations peuvent intervenir des déplacements de couches plus ou moins aimantées; mais je pense que peuvent intervenir aussi des variations de l'aimantation sous l'action des vibrations mécaniques résultant du tremblement de terre. D'ailleurs, s'il y a déplacement ou changement d'orientation de roches plus ou moins magnétiques, l'aimantation qu'elles prennent sous l'action du champ magnétique dans lequel elles se trouvent ensuite placées est influençable par les vibrations.

L'étude des anomalies du champ magnétique terrestre manifeste aussi des variations de ces anomalies dans des régions à faible séismicité. J'ai signalé, par exemple, une déformation du champ magnétique terrestre en Bretagne (²); L. Eblé considère comme vraisemblable une petite évolution de l'anomalie du bassin de Paris (³); J. Coulomb, étudiant en détail l'anomalie du Puy-de-Dôme, lui a trouvé une répartition différant de manière assez notable de celle obtenue autrefois par Brunhes (⁴); J.-P. Rothé donne d'autres exemples dans un travail récent (⁵). On a pensé, pour interpréter ces variations, à une altération des roches, à des mouvements lents, à des mouvements profonds reliés à la séismicité. Mais là encore, les

(²) *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 721.

(³) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, **3**, 1925, p. 92; *Congrès des Sociétés savantes à Clermont-Ferrand*, 1931, Section des Sciences, p. 269.

(⁴) *Bulletin de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe du Puy de Dôme*, **6**, 1933, p. 88.

(⁵) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, **15**, 1937, p. 104.

variations d'aimantation, sous l'influence de vibrations (petits séismes, agitation microséismique) et de champs magnétiques variables (perturbations magnétiques), jouent probablement un rôle.

E. Thellier a signalé récemment ([6]) l'instabilité de l'aimantation des basaltes. Cette observation rend vraisemblable une intervention assez générale des vibrations mécaniques et des perturbations magnétiques dans l'état d'aimantation des matériaux de la croûte terrestre, et ainsi dans la distribution du champ magnétique terrestre.

Relativement à l'action des perturbations magnétiques, on peut remarquer que le champ magnétique qui leur correspond change momentanément plus ou moins la direction du champ magnétique terrestre en même temps que son intensité, d'où une diversité possible dans les variations de l'état d'aimantation dues à ces perturbations.

THERMODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur la courbure du diamètre des densités.* Note ([1]) de M. **Émile Mathias**.

1. Revenons sur le beau Mémoire consacré par M. Sydney Young à la loi de Cailletet et Mathias ([2]) et montrons que l'appareil de démonstration utilisé comporte trois idées, dont la dernière a échappé à l'honorable savant anglais.

La première idée, la plus simple, est que, sauf pour le pentane et l'hexane normaux, la courbure, si faible soit-elle, existe en tous les points du diamètre des densités. Il en est ainsi pour les alcools et, loin du point critique, pour les autres corps, comme nous l'avons nous-mêmes signalé. Pour l'établir en tous les points, il suffisait d'invoquer le principe de continuité. Afin de le démontrer péremptoirement, Sydney Young emploie une représentation où le rapport de l'unité d'ordonnée à l'unité d'abscisse est énorme. Le diamètre apparaît alors comme une ligne parabolique fortement courbée.

2. La deuxième idée est celle d'une *classification des substances*. Mettant

---

([6]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 876.

([1]) Séance du 5 avril 1937.
([2]) *Phil. Mag.*, 5e série, 50, 1900, p. 291.

les uns sous les autres les diamètres [3] des 30 corps (organiques sauf $SnCl^4$) qu'il avait purifiés et étudiés de 0°C. à la température critique, les schémas étant tous à la même échelle et *rangés dans l'ordre croissant de la grandeur que nous appelons tous deux a*, on observe ceci :

Pour $a < 0,931$, les paraboles sont, sur la majeure partie de leur étendue, *au-dessous* de l'axe des abscisses, et pour $a > 0,931$ toutes *au-dessus*, les déviations suivant fidèlement le module et le signe de la différence $(a - 0,931)$, 0,931 étant la valeur de a pour le pentane normal.

Le tableau II du mémoire cité, en donnant, pour les 30 corps, les valeurs des coefficients de la formule $D_t = D_0 + \alpha t + \beta t^2$ (et exceptionnellement de $D_t = D_0 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3$), précise la classification, β suivant fidèlement le module et le signe de la différence $(a - 0,931)$.

Ceci, avec quelques fluctuations naturellement, et aussi cette complication que l'hexane normal $(a = 0,966)$ a un diamètre rigoureusement rectiligne comme le pentane normal, et que les corps dont les valeurs de a oscillent entre 0,931 et 0,966 échappent aux règles qui précèdent. Oublions ces difficultés pour ne voir aujourd'hui que la belle simplicité qui subsiste quand on ne considère que les valeurs de a plus petites que 0,931 ou plus grandes que 0,966.

Oublions encore que, pour les trois alcools (méthyl-éthyl-propylique), il a fallu employer la formule en t^3. Alors les diamètres, obéissant à la formule en t^2, sont tous des arcs de parabole *dont la courbure a le même signe en tous les points*, la valeur absolue de celle-ci étant maxima au point critique et diminuant constamment quand la température s'abaisse.

Le professeur S. Young n'a pas cherché à interpréter la formule en t^3 des trois alcools; elle détruisait la belle simplicité qui précède en introduisant un point d'inflexion dans le diamètre des 27 autres corps, point d'inflexion réel ou virtuel selon qu'il est situé dans le domaine liquide ou dans les domaines extrêmes.

3. La troisième idée apparaîtra si nous remarquons que, dans l'appareil de démonstration précédent, la classification obtenue atteint trente gaz représentés chacun, à deux exceptions près, par des arcs de parabole étendus sensiblement à la totalité du domaine liquide, ces trente lignes ne

---

(3) Plus exactement : les dérivations du diamètre expérimental, par rapport au diamètre *rectiligne* $D_t = D_0 + \alpha t$, α étant le coefficient angulaire, négatif pour tous les corps, du diamètre *rectiligne*.

pouvant, du simple remplacement des variables p, v, t par leurs *valeurs réduites*, être ramenées à l'identité. En effet, les courbures des paraboles sont les unes positives, les autres négatives, les courbures critiques variant en valeur absolue dans le sens des valeurs de β, c'est-à-dire dans le sens des valeurs de a ([1]).

En résumé, le schéma de S. Young représente chaque corps gazeux par un arc de parabole spécifique, *la courbure* variant d'une façon continue d'un corps à l'autre, en suivant à peu près fidèlement le module et le signe de la grandeur ($a - 0,931$), *d'où l'impossibilité absolue d'arriver à l'identité des diamètres paraboliques et l'impossibilité de pouvoir les superposer*.

Les 30 corps gazeux étudiés par S. Young sont donc faits chacun sur un plan différent irréductible aux autres, en sorte qu'on aboutit, ici encore, à la négation de la grande idée de l'illustre J.-D. van der Waals, suivant laquelle, les gaz de la nature étant faits sur le même plan, il suffit d'un changement de variables convenable pour amener leurs propriétés à l'identité.

Ainsi donc, on dispose de deux séries expérimentales comportant des recherches de très longue haleine :

1° Les 30 corps organiques (à $SnCl^4$ près) de S. Young, dont les diamètres sont envisagés uniquement comme des courbes paraboliques irréductibles entre elles; cette espèce ne comporte que des corps à points critiques élevés, a allant de 0,882 à 1,088.

2° La dizaine de gaz à points critiques très bas, étudiés par nous et nos collaborateurs au laboratoire Kamerlingh-Onnes de Leyde, et dont on a considéré à peu près uniquement le diamètre *rectiligne*.

Ces deux séries expérimentales aboutissent à la même conclusion générale de la plus haute importance.

Il était intéressant de mettre en évidence ce fait, que personne jusqu'ici n'avait encore remarqué.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé *Principles of Soil Microbiology*.

([1]) $a = -\alpha T_c/\Delta$ est pour nous *le coefficient angulaire réduit du diamètre rectiligne*. Après avoir accepté cette conception, S. Young appelle $a = -\alpha T_c/\Delta$ le produit par $-T_c/\Delta$ du coefficient de t dans les formules de D_t en t^2 ou en t^3, réduites au premier degré par la suppression des termes en t^2 et en t^3.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Zoologie vacante au Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Jacques Pellegrin* obtient 33 suffrages contre 15 à M. *Paul Chabanaud*; il y a 4 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Paul Chabanaud* obtient 41 suffrages; il y a 3 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne........ M. **Jacques Pellegrin**.
En seconde ligne......... M. **Paul Chabanaud**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Nikola Tesla. *Livre commémoratif* à l'occasion de son 80[e] anniversaire.

2° J. Franc de Ferrière. *Géologie et Pédologie. Contribution à l'étude des formations quaternaires de la plaine d'Alsace.*

3° Santiago Antunez de Mayolo. *The Structure of Light* (présenté par M. L. de Broglie).

4° F. Brunet. *Œuvres médicales* d'Alexandre de Tralles. Tome III. *Les douze livres de Médecine* (suite) (présenté par M. M. de Broglie).

M. **Camille Gutton** prie l'Académie de vouloir bien le compter au nombre des candidats à l'une des places vacantes dans la Division des Académiciens libres.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les domaines invariants dans la représentation conforme*. Note [1] de M. **Julius Wolff**, transmise par M. Émile Borel.

Soit C la circonférence d'un cercle dans le plan des z, de centre $O(z=0)$, D son intérieur et soit $z_1(z)$ une fonction qui représente D conformément sur un domaine D_1 intérieur à D et dont la frontière C_1 est intérieure à D, sauf un seul point α, qui est sur C. On suppose en outre que $z_1(0)=0$ et $z_1(\alpha)=\alpha$. Quand z parcourt D_1, z_1 parcourt un domaine D_2, contenu dans D_1 et dont la frontière C_2 est intérieure à D_1, au point α près. En continuant l'itération on obtient une suite de domaines emboîtés D, D_1, D_2 ... dont chacun contient O; α est le seul point commun aux frontières C, C_1, C_2, ... L'ensemble N commun à tous les D_k est le plus grand ensemble invariant pour la transformation $z_1=z_1(z)$.

N peut se réduire à un arc de courbe $O\alpha$ ou contenir des domaines; dans le dernier cas il peut ou non contenir un domaine $\mathbf{n}$ dont $z=0$ et $z=\alpha$ sont des points-frontières.

Théorème. — *Si D_1 contient un disque circulaire tangent à C en α, N jouit de la même propriété et* $\mathbf{n}$ *existe*.

En effet, par une homographie $z_1(z)$ devient une fonction qui représente le demi-plan $D(x>0)$ sur une partie D_1 de D contenant un demi-plan $x>a$ et dont la frontière C_1 ne rencontre la droite $x=0$ qu'au seul point $z=\infty$. De plus, $z_1(1)=1$ et $z_1(\infty)=\infty$. L'hypothèse faite sur D_1 entraîne l'existence d'une dérivée angulaire μ de $z_1(z)$ à l'infini, $0<\mu<1$. Pour $x>a$ la fonction inverse $z_{-1}(z)$ de $z_1(z)$ est holomorphe et à partie réelle >0. En posant $z_k=x_k+iy_k$ ces remarques conduisent à

$$x_{-1}>\mu^{-1}(x-a) \quad \text{pour } x\geq a.$$

On déduit de cette inégalité que N contient le domaine Δ, défini par $x>a/(1-\mu)=b$, donc aussi tous les itérés Δ_k de Δ. La réunion $\mathbf{n}$ des Δ_k fait donc partie de N et sa frontière contient les points $z=1$ et $z=\infty$, ce qui démontre le théorème.

---

[1] Séance du 5 avril 1937.

CINÉMATIQUE. — *Sur une classe remarquable de mouvements de l'espace. Viration symétrique.* Note (¹) de M. **Josef L. Krames.**

Il existe un certain nombre de mouvements continus spéciaux, déjà étudiés en détail, qui peuvent être réunis sous un principe de génération commun. Il s'agit des mouvements d'un système mobile Σ dont les différentes positions sont les symétriques d'un système fixe Σ_f par rapport aux génératrices g d'une surface réglée Γ. Celle-ci sera dénommée *surface fondamentale*. Pour ces mouvements nous proposons le nom de *virations symétriques* (VS) parce qu'ils sont analogues aux *roulements symétriques* sur le plan ou sur la sphère, qui n'en sont que des cas particuliers. En partant des propriétés fondamentales des VS, on obtient des propriétés nouvelles et diverses relations remarquables, non encore signalées, relatives par exemple aux *mouvements à trajectoires cubiques ou sphériques*. Voici les résultats essentiels que j'ai obtenus sur ce sujet.

D'abord nous pouvons établir, en vertu d'un théorème de H. Wiener (²), les propriétés suivantes : *Chaque viration symétrique a pour axoïdes, fixe et mobile (surface de base et surface virante), la surface réglée conjuguée* ρ_f *de sa surface fondamentale* Γ *et une surface* ρ *égale à* ρ_f *qui vire sur* ρ_f. *Ces axoïdes sont constamment tangentes le long d'une tangente centrale de* Γ, *de sorte qu'elles sont symétriques par rapport à la génératrice correspondante* g *de* Γ. *Le pas du mouvement hélicoïdal tangent à la viration symétrique est égal au paramètre de distribution de* g. *Le mouvement inverse jouit des mêmes propriétés.* On en déduit diverses conséquences, par exemple pour les *podaires* d'une surface réglée quelconque (³). En effet toutes les trajectoires d'une VS sont homothétiques aux podaires de sa surface. Passons tout de suite aux cas particuliers les plus remarquables.

Si l'on suppose que Γ soit un *conoïde droit* d'axe a, la VS correspondante est un mouvement autour d'un axe fixe, c'est-à-dire qu'une droite

---

(¹) Séance du 8 mars 1937.

(²) *Leipziger Sitzungsberichte*, **42**, 1890, p. 20. A propos de quelques cas spéciaux de VS, certaines parties des théorèmes énoncés ci-dessus ont déjà été effleurés. Voir par exemple G. T. Bennett, *Proc. London Math. Soc.*, 2ᵉ série, **10**, 1912, p. 309-343.

(³) Cf. les théorèmes relatifs aux *faisceaux*, *réseaux* etc. *des podaires* d'une surface réglée qui sont établis dans E. Müller-J. Krames, *Konstruktive Behandlung der Regelflächen*, Leipzig und Wien, nº 21, 1931.

de Σ glisse constamment le long de *a*. Réciproquement, tout mouvement de cette espèce peut être regardé comme VS. Ainsi, un *conoïde hélicoïdal* détermine un *mouvement hélicoïdal*; *un paraboloïde hyperbolique équilatère détermine un mouvement à trajectoires cubiques circulaires droites* (cf. ci-dessous); *un conoïde droit à sphère directrice détermine le mouvement de Bricard, dans lequel tous les points de Σ décrivent des courbes sphériques du quatrième ordre* (4); enfin *un conoïde de Plücker détermine le cas particulier du mouvement de Darboux à trajectoires elliptiques* (5) *où toutes les ellipses ont la même excentricité.*

Lorsque *la surface fondamentale* Γ *est à plan directeur*, les axoïdes ρ_f et ρ sont des *cylindres* dont l'un vire sur l'autre. Par exemple, *lorsque* Γ *est un paraboloïde hyperbolique général, ces cylindres sont paraboliques.* Dans ce dernier cas, *les trajectoires de la* VS *sont des cubiques circulaires obliques* (6). Par exemple, nous pouvons démontrer cette propriété :

Toute surface réglée du troisième degré ayant un cône directeur de révolution peut être engendrée, et cela de ∞^1 *manières, comme lieu d'une droite d d'un corps* Σ *animé d'une* VS *à trajectoires cubiques circulaires. Pour certaines positions de d, l'un de ces mouvements est à trajectoires cubiques circulaires droites* (7).

Si l'on suppose que Γ *est un hyperboloïde à une nappe, la* VS *est le mouvement du système de la bielle d'un mécanisme de Bennett* (8). Soumis à ce mouvement, *l'axe central de la bielle engendre une surface réglée* Ψ *du quatrième degré ayant une génératrice double et deux droites directrices doubles.* Lorsque l'*isogramme* associé à ce mécanisme est *rectangulaire* (9), la surface Ψ est identique *au lieu des normales d'un tore le long d'un cercle de Villarceau* (10).

Le mouvement à deux hyperboloïdes orthogonaux, liés point par point, qui a été découvert, en même temps, par MM. E. Borel (11) et

---

(4) R. Bricard, *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 939, et *J. Éc. Polyt.*, 2e série, **11**, 1906, p. 1-93, VI.

(5) *Comptes rendus*, **92**, 1881, p. 118-121.

(6) Cf. A. Grünwald, *Zeitschrift f. Math. Phys.*, **55**, 1907, p. 264-296.

(7) Cf. J. Krames, *Sitzungsberichte Akad. Wien*, II*a*, **132**, 1923, p. 165-175.

(8) G. T. Bennett, *Engineering*, **67**, 1903, p. 777-778.

(9) Cf. R. Bricard, *Nouv. Ann. Math.*, 5e série, **3**, 1924, p. 308-313.

(10) Sur cette surface, voir par exemple E. Müller et J. Krames, *loc. cit.*, no **49**.

(11) *Mémoires Savants étrangers*, Paris, **33**, 1908, p. 1-128.

R. Bricard ([12]), *est aussi une* VS. *Sa surface fondamentale* Γ *et les axoïdes* φ *et* φ_1 *sont du* 4e *degré, à savoir des surfaces trajectoires du mouvement particulier de Darboux mentionné ci-dessus*. On en déduit la raison véritable pour laquelle ils sont deux hyperboloïdes *orthogonaux* et *égaux* qui peuvent être liés point par point. *De plus, on reconnaît que les courbes planes, parcourues par les points de deux génératrices de l'hyperboloïde mobile, sont des limaçons et des ellipses* ([13]). Ces trajectoires particulières *subsistent même* dans le cas spécial du mouvement, étudié profondément par M. R. Bricard ([14]), *où les hyperboloïdes se décomposent en deux couples de plans rectangulaires*. Presque tous les autres mouvements à trajectoires sphériques déjà traités [([11])-([12])] sont aussi des VS.

Il y a encore quelques autres VS particulières déjà remarquées, par exemple le mouvement associé à l'*octaèdre articulé symétrique*, découvert par M. R. Bricard ([15]), dont un cas spécial s'était présenté récemment à propos de l'étude du *modèle de molécule du cyclohexane* ([16]). Plusieurs autres remarques et les développements détaillés seront publiés bientôt.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Mécanique de Dirac et dernier multiplicateur au sens de Jacobi*. Note de M. **René Dugas**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai montré ([1]) que la densité de probabilité $\Psi^*\Psi$ en mécanique ondulatoire simple pouvait s'interpréter comme un dernier multiplicateur au sens de Jacobi d'un système différentiel dans l'espace de configuration.

En mécanique de Dirac, la densité de probabilité s'écrit $\Psi_k^*\Psi_k$ (avec sommation de 1 à 4 pour l'indice muet k). L'intégrale

$$\iiint \Psi_k^*\Psi_k\, d\sigma,$$

([12]) *J. Éc. Pol., loc. cit.*, Chap. VIII. Cf. le *Rapport de la Commission* (prix Vaillant), *Comptes rendus*, **139**, 1904, p. 1066-1070.

([13]) Il est curieux que ce fait n'ait pas été remarqué par MM. E. Borel et R. Bricard.

([14]) *J. de Math.*, 5e série, **4**, 1898, p. 409-450.

([15]) *J. de Math.*, 5e série, **3**, 1897, p. 132, Cf. G. T. Bennett, *loc. cit.*

([16]) F. Kohlrausch et W. Stockmair, *Zeitschrift phys. Chemie*, **31**, 1936, p. 382-401, § 4 et 7.

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 749.

étendue à tout l'espace de configuration (q_1, q_2, q_3), est invariante par rapport au temps. L'équation

$$(1)\qquad \frac{\partial}{c\,\partial t}(\Psi_k^\star \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_1}(\Psi_k^\star \alpha_1 \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_2}(\Psi_k^\star \alpha_2 \Psi_k) - \frac{\partial}{\partial q_3}(\Psi_k^\star \alpha_3 \Psi_k) = 0,$$

qui traduit cette invariance, montre que $\Psi_k^\star \Psi_k$ *est un dernier multiplicateur au sens de Jacobi du système*

$$(2)\qquad \frac{c\,dt}{\Psi_k^\star \Psi_k} = \frac{-dq_1}{\Psi_k^\star \alpha_1 \Psi_k} = \frac{-dq_2}{\Psi_k^\star \alpha_2 \Psi_k} = \frac{-dq_3}{\Psi_k^\star \alpha_3 \Psi_k}.$$

Ce système entraîne le suivant :

$$(3)\qquad \iiint \Psi_k^\star \Psi_k \frac{dq_r}{dt}\,d\sigma = \overline{\left(\frac{dq_r}{dt}\right)} = -c \iiint \Psi_k^\star \alpha_r \Psi_k\,d\sigma \qquad (r = 1, 2, 3),$$

qui donne encore la vitesse du centre de gravité G de la probabilité. Mais, contrairement à ce qui se passe en mécanique ondulatoire simple, le théorème d'Ehrenfest tombe ici en défaut; en particulier, en l'absence de champ, on ne retombe plus sur le principe de l'inertie : au lieu d'être animé d'un mouvement rectiligne et uniforme, le point G oscille autour d'un tel mouvement en vertu du *tremblement de Schrödinger*, conséquence directe de l'équation (3).

Conclusion générale. — *a.* Ainsi donc, tant en mécanique ondulatoire simple qu'en mécanique de Dirac, la densité de probabilité peut être considérée comme un dernier multiplicateur, au sens de Jacobi, d'un système différentiel dans l'espace de configuration ([2]); le seul intérêt de cette remarque immédiate réside dans le fait que c'est précisément ce système différentiel qui offre, dans la mesure où cela est possible, un raccordement statistique avec la dynamique classique, ou relativiste, correspondante.

b. Dans la quantification, au sens de Schrödinger, d'un système placé dans un champ statique, l'amplitude a de l'onde est supposée continue, uniforme, finie et nulle aux limites du domaine considéré dans l'espace de configuration ([3]). En vertu de $a^\star a = \Psi^\star \Psi$, ces régularités s'étendent à la densité de probabilité qu'exprime le dernier multiplicateur. Des discon-

---

([2]) En mécanique de Dirac, la densité de probabilité $\Psi_k^\star \Psi_k$ peut se réduire à la forme $\Psi^\star \Psi$ dans l'espace (q_1, q_2, q_3, ζ) à 4 dimensions, où ζ est la variable de spin.

([3]) Certaines généralisations supposent, il est vrai, seulement que les fonctions d'ondes sont uniformes et de carré sommable.

tinuités quantiques *corrélatives* s'introduisent alors dans les valeurs propres de l'énergie. Ceci est lié à la définition quantique de l'état d'un système. Si, au contraire, avec Poincaré, on voulait continuer à définir cet état dans l'espace d'extension en phase, la loi de Planck obligerait à adopter une densité de probabilité, et partant un dernier multiplicateur, *essentiellement discontinue*.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le phénomène de la saturation électrique positive.* Note [1] de M. **Arcadius Piekara**, transmise par M. Aimé Cotton.

Tous les faits observés jusqu'à présent sur la saturation électrique dans les liquides ont été en accord qualitatif avec la théorie de Debye. La diminution de la constante diélectrique sous l'action du champ électrique, trouvée expérimentalement, n'était pour la majorité des liquides examinés qu'une petite fraction (un millième) de l'effet calculé. D'ailleurs ce désaccord quantitatif n'est pas étonnant, parce que la théorie admet la liberté du mouvement rotatoire des molécules, ce qui n'a pas lieu dans les liquides. Debye lui-même a essayé de rétablir l'accord entre la théorie et l'expérience, en introduisant dans la théorie les forces intermoléculaires contrariant la rotation des molécules [2].

En admettant que la molécule a une énergie potentielle de la forme $-E_1 \cos \vartheta$, où ϑ est l'angle entre le dipôle et un axe instantané qui peut prendre toutes les directions possibles, Debye a trouvé que dans son ancienne formule deux facteurs de réduction R et R^* s'introduisent de telle sorte que

$$\bar{m} = \frac{\mu^2 E_0}{3kT} R - \frac{\mu^4 E_0^3}{45 k^3 T^3} R^*; \tag{1}$$

$\bar{m}$ étant la valeur moyenne statistique de la composante du moment électrique dans la direction du champ E_0. R et R^* sont des fonctions de $y_1 = E_1/kT$. Nous ne les explicitons pas ici, nous nous bornerons seulement à indiquer que ces deux facteurs sont *positifs* pour toutes les valeurs de y_1. R^*, comme l'on voit, est responsable de la diminution de l'effet de la saturation électrique, qui s'exprime par la formule

$$\Delta\varepsilon = -12\pi n \left(\frac{\varepsilon + 2}{3}\right)^4 \frac{\mu^4 E^2}{45 k^3 T^3} R^*. \tag{2}$$

($\Delta\varepsilon$ désigne la diminution de la constante diélectrique ε, n — le nombre de molécules dans 1^{cm^3}, $E = E_0\, 3/\varepsilon + 2$).

---

[1] Séance du 31 mars 1937.

[2] P. Debye, *Phys. Zeitschr.*, 36, 1935, p. 100 et 193.

Nous avons trouvé dernièrement [3], en étudiant les solutions de nitrobenzène dans le benzène, que pour une concentration de 93 pour 100 l'effet de la saturation électrique change de signe, devient positif et augmente ensuite très brusquement avec la concentration [4]. Cet effet est très sensible à des traces d'humidité, de telle sorte qu'avec du nitrobenzène moins soigneusement purifié on peut obtenir un effet beaucoup plus petit ou même négatif [5]. Avec l'échantillon le plus pur (conductibilité $=4,4.10^{-11}$ ohm^{-1}.cm^{-1}), et pour un champ de 35000 volt/cm, nous avons obtenu $\Delta\varepsilon = +2,4.10^{-3}$. On peut en conclure qu'avec du nitrobenzène encore plus pur, on pourrait obtenir un effet encore plus grand. La formule (2) nous montre que pour le nitrobenzène, le facteur de réduction R est *négatif*, ce qui n'est pas explicable dans la théorie de Debye. Si l'on admet pour $\Delta\varepsilon$ le nombre $+2,4.10^{-3}$, on obtient [6] $R = -0,44.10^{-3}$.

Ayant trouvé cet effet positif, nous avons pensé d'abord qu'on pourrait le rattacher à une déformation des molécules sous l'action du champ extérieur. C'est pourquoi nous avons repris les mesures en employant le nitrobenzène en solutions très diluées dans différents solvants. En effet, dans ces conditions, on peut compter que la déformation moléculaire apparaîtra sans être sensiblement troublée par les actions intermoléculaires. Or, nous avons bien pu mettre en évidence cet effet de la déformation moléculaire, mais nous avons constaté qu'il provoque une *diminution* supplémentaire de la constante diélectrique.

Admettons qu'outre les forces de Debye (forces contrariant la rotation), s'exercent sur les molécules du liquide des *forces de couplage*, qui tendent à coupler les molécules deux à deux, malgré l'action antagoniste de l'agitation thermique. Posons, en première approximation, que l'énergie potentielle due à ces forces s'exprime par $-E_2 \cos\alpha$, où α désigne l'angle entre le moment de la molécule envisagée et un axe dirigé suivant le moment de la molécule la plus voisine. Si l'on calcule $\overline{\overline{m}}$, en laissant de côté les forces de Debye, on obtient la formule (1), où R et R* s'expriment par

---

(3) A. PIEKARA et B. PIEKARA, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 852.

(4) Dans la figure de la Note citée, un point de la courbe a été omis : pour la concentration de 97,6 pour 100,

$$\Delta\varepsilon = +38.10^{-4} \qquad (E = 70\,000 \text{ volts/cm}; \quad t = 21^\circ).$$

(5) Voir le tableau de la Note citée.

(6) Les valeurs de μ, ε et d (pour $t = 20^\circ$) sont tirées d'un travail précédent (A. PIEKARA, *Bull. Ac. Pol.*, A, **143**, 1933, p. 333).

les formules

$$\text{(3)} \qquad R = 1 - L,$$

$$\text{(4)} \qquad R^* = (1 - 6L + 3L^2) + 2L^3 + 6\frac{L}{y_2}(2L - 1) + \frac{18}{1+L}\frac{L^2}{y_2^2},$$

L désigne la fonction de Langevin

$$L = \coth y_2 - \frac{1}{y_2},$$

où $y_2 = E_2/kT$. Une propriété particulière du facteur R^* est que pour les valeurs de $y_2 > 1{,}34$ il devient *négatif* et reste en valeur absolue très petit par rapport à 1. Ainsi l'existence de l'effet positif est justifiée. On peut calculer R^* pour le nitrobenzène. Il ne faut pas s'attendre à un accord quantitatif avec l'expérience; d'une part on a laissé de côté les forces de Debye ([7]), d'autre part, nous ne connaissons pas la valeur de $\Delta\varepsilon$ pour le nitrobenzène parfaitement pur. D'après les mesures de la polarisation diélectrique ([8]) on peut calculer L en utilisant la formule (3). On obtient (pour $t = 20^\circ$) $L = 0{,}84$, d'où $y_2 = 6{,}3$; cela donne $R^* = -12.10^{-3}$ (cette valeur sera abaissée par l'introduction des forces gêne de rotation).

Pour terminer nous voudrions indiquer le sens physique de notre interprétation de la saturation positive. Un couple moléculaire, instantanément formé par deux molécules qui se sont rapprochées par hasard, ayant lui aussi un certain moment électrique, tend à se diriger suivant le champ extérieur. Mais le champ agit sur les deux partenaires du couple, ce qui provoque un petit changement de l'angle qu'ils forment entre eux. Statistiquement il en résulte une augmentation du moment. Quand elle surpasse la diminution due à l'effet de l'orientation, un effet positif apparaît.

ÉLECTRONIQUE. — *Étude spectrographique des électrons de conductibilité du magnésium et du silicium.* Note ([1]) de M. **Jules Farineau**, présentée par M. Charles Fabry.

On sait que des atomes d'un même élément, se réunissant pour former un cristal conducteur, mettent en commun leurs électrons extérieurs, qui

---

([7]) Les calculs seront publiés ailleurs.

([8]) Voir A. Piekara, *loc. cit.*; le degré de l'association (η) correspond dans ce travail à $1 - R$.

([1]) Séance du 5 avril 1937.

jouent alors un rôle fondamental dans la conductibilité électrique du cristal.

Ces électrons, tombant sur un niveau inférieur d'un des atomes du cristal, émettent une raie X large; la répartition de l'intensité, à l'intérieur de cette raie, donne des renseignements précis sur la répartition des énergies de ces électrons. Ces raies sont bien différentes des raies optiques ou des raies X de courte longueur d'onde, les règles de sélection en particulier ne s'y appliquent plus; notamment la raie $K\beta_x$ du magnésium, qu'on obtient avec une belle intensité, serait interdite par ces règles.

Nous avons étudié le spectre K du magnésium pur, obtenu à basse température, à l'aide d'un spectrographe dans le vide, à cristal de quartz ou de mica courbé, et la raie L de ce même corps, à l'aide d'un spectrographe dans le vide à réseau concave tangent.

La raie $K\beta_x$ dont le bord de courte longueur d'onde est situé à 9,496 Å présente une largeur de $7,5 \pm 0,5$ eV; l'analyse précise de cette raie au microphotomètre montre que son intensité croît, en partant de zéro, à partir du bord de grande longueur d'onde d'une façon régulière, sauf entre 4 et 6 eV de ce bord, où apparaît une ondulation dont l'amplitude ne dépasse pas 8 pour 100 de l'intensité totale. Le maximum d'intensité de la raie est situé sur le bord même de cette courte longueur d'onde.

La concavité de la courbe obtenue avec le microphotomètre et indiquant l'allure de l'intensité en fonction de la longueur d'onde est tournée vers le haut du graphique.

La raie L dont le bord de courte longueur d'onde est situé à 251 Å a une largeur de $8,5 \pm 1,5$ eV; elle présente, étudiée au microphotomètre un aspect assez voisin de la raie $K\beta_x$, mais avec les différences suivantes : la courbe donnant l'allure de l'intensité en fonction de la longueur d'onde a sa concavité tournée vers le bas et présente sur le bord même de courte longueur d'onde un maximum beaucoup plus aigu lui donnant l'aspect qu'on aurait, en supposant qu'une raie fine est venue, en cet endroit, se superposer à la raie large; le grain, et les différences de sensibilité d'un point à un autre des plaques Schumann qui font que deux enregistrements de la même raie ne sont jamais absolument identiques, empêchent d'affirmer avec certitude l'existence d'une ondulation analogue à celle observée sur la raie K.

Si l'on admet que les deux électrons M du magnésium sont libres, on trouve que ces électrons doivent occuper, dans le métal, une bande d'énergie de 7,3 électron-volts, valeur qui est en bonne concordance avec le nombre expérimental indiqué précédemment.

Houston ([2]), pour une raie K, et Hautot ([3]) pour une raie L, ont calculé la répartition de l'intensité dans l'hypothèse des électrons libres. Les courbes expérimentales que nous avons obtenues sont tout à fait semblables, en ne tenant pas compte de l'ondulation observée sur la raie K, à celles calculées.

On sait que le magnésium cristallise dans le système hexagonal compact; nous avons montré ([4]) que, dans ce système, on retrouvait des *zones* tout à fait analogues à celles obtenues par L. Brillouin dans le système cubique; on doit donc voir dans les raies l'influence de ces zones ([5]). Or, le calcul montre que les perturbations dues à ces zones doivent se produire autour des distances suivantes du bord de grande longueur d'onde : 5, 5,6 et 6.3 électron-volts, ce qui correspond, à très peu près, à la région perturbée de la raie $K\beta_x$.

La raie $K\beta_x$ du silicium cristallisé que nous avons obtenue à basse température a une largeur de 18 électron-volts $\pm 1,5$ mais contrairement au magnésium, le maximum d'intensité a lieu à 4 électron-volts du bord de courte longueur d'onde, l'intensité décroissant de chaque côté de ce maximum pour tomber à zéro aux deux extrémités.

Dans l'hypothèse où le silicium aurait 4 électrons libres, on obtiendrait pour la largeur de cette raie : 13,5 électron-volts, et l'intensité devrait tomber brusquement à zéro au bord de courte longueur d'onde. On voit donc que les électrons extérieurs du silicium sont dans un état assez éloigné de la liberté, ce qui correspond bien à la faible conductibilité de ce corps à basse température.

Nous voyons donc, en résumé, que les électrons extérieurs du magnésium, métal bon conducteur, sont dans un état très voisin de la liberté, les perturbations dues aux zones de Brillouin y sont faibles mais nettes, alors que le silicium, beaucoup plus mauvais conducteur, a ces mêmes électrons dans un état beaucoup plus éloigné de la liberté.

([2]) *Physical Review*, 38, 1931, p. 1797.

([3]) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 12, 1936, p. 261.

([4]) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 3, 1937, p. 111.

([5]) Farineau, *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, 1, 1937, p. 24.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de quelques borates et de quelques oxydes dans l'infrarouge lointain*. Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons utilisé la méthode des rayons restants. Le récepteur était un radiomicromètre de Schmidt et Haensch, la source de radiation un bec Auer.

Les rayons restants dont on fit usage sont ceux des substances suivantes :

Substances.	Écrans (1mm de paraffine dans tous les cas).	Longueur d'onde moyenne en microns.
Quartz	1cm KCl, 2mm de paraffine	20,75
Fluorine	0cm,5 KCl, 1mm,2 KBr	23
Fluorine + calcite (‖)	3mm KBr	27,3
Marbre	rien	29,4
Blende	2mm de paraffine	30,9
Fluorine	0mm,4 de quartz	33
Aragonite (⊥)	»	39
Strontianite (⊥)	»	43,5
Withérite (⊥)	»	46,5
Sel gemme	»	52
Bromure d'ammonium	»	58
Sylvine	»	63

I. *Borates*. — Nous avons examiné les borates de calcium, de potassium, de manganèse, de cuivre et de plomb.

Pour étudier leurs transmissions, nous les avons pulvérisés et déposés sur une plaque de paraffine (Kahlbaum, P. F. 68-70°).

D'autre part nous avons réalisé, par fusion, des plaques de borate de potassium, de plomb et de calcium qui, une fois polies, nous ont permis d'étudier le pouvoir réflecteur de ces corps.

Le résultat de cette étude nous conduit à distinguer, tant en absorption qu'en réflexion, comme le montre le tableau suivant, trois groupes de bandes (longueurs d'onde en microns) :

Borate étudié.	Bandes de transmission.				Bandes de réflexion.		
Borate de Ca	27,4	30,8	40	52	31	42	47,5
» K	–	28	39	52	29	35	48
» Mn	–	30	43	52	–	–	–
» Cu	–	30	38	52	–	–	–
» Pb	–	30,8	43	52	33	44	47

Ces borates avaient été étudiés par M. K. Sen et A. K. Sen Gupta [1] qui, dans le proche infra-rouge, avaient distingué pour chacun d'eux trois groupes de bandes de fréquences sensiblement égales à quatre fois celles des bandes que nous avons observées. L'étude du borate de calcium nous donne par transmission une bande supplémentaire à $27^{\mu},4$ que nous croyons due à CaO.

II. *Oxydes*. — Pour interpréter ces résultats nous avons étudié la transmission de quelques oxydes.

L'étude de CaO nous a indiqué une bande à 27^{μ}, ce qui confirme ce que nous venons de dire. S. Tolksdorf [2] avait prévu une bande à 22^{μ}. Nous avons cherché à retrouver notre résultat par la méthode théorique de Born avec les modifications nécessitées par la bivalence des ions. En utilisant les constantes que nous avons déterminées dans un précédent travail [3], nous avons trouvé une longueur d'onde fondamentale de 25^{μ}.

L'étude de la transmission de PbO nous indique une bande à $30^{\mu},8$ qui est confondue avec celle observée pour le premier groupe de vibration du borate de plomb.

La transmission de CuO nous donne une bande à 38^{μ} qui coïncide avec celle observée pour le second groupe de vibration du borate correspondant.

Enfin nous avons étudié la transmission de l'oxyde de zinc et nous avons trouvé deux bandes à 22,4 et 30^{μ} ce qui concorde avec ce qu'avait prévu Tolksdorf (*loc. cit.*) et observé J. Strong [4] dans l'étude du pouvoir réflecteur de la Zincite.

SPECTROSCOPIE. — *Calcul des fréquences de vibration de la molécule* N^2O^4. Note de M. **Jules Duchesne**, présentée par M. Paul Langevin.

G. B. B. M. Sutherland [1] a discuté les spectres infrarouge et Raman de la molécule N^2O^4 et a admis, pour les mouvements plans, les fréquences

(1) *Indian Journ. Phys.*, 9, 1935, p. 433.
(2) *Zeits. f. phys. Chem.*, 132, 1928, p. 161.
(3) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 302.
(4) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 1818.

(1) G.-B.-B.-M. Sutherland, *Proc. Roy. Soc.*, 141, 1933, p. 342.

fondamentales suivantes :

(I).	(II).	(III).	(IV).
$\nu_2 = 1360\ cm^{-1}$,	$\nu_1 = 1265\ cm^{-1}$,	$\nu_5 = 1749\ cm^{-1}$,	$\nu_6 = 1724\ cm^{-1}$,
$\nu_4 = 813\ cm^{-1}$,	$\nu_3 = 752\ cm^{-1}$,	$\nu_9 = 380$ ou $680\ cm^{-1}$;	$\nu_{10} = 500\ cm^{-1}$.
$\nu_8 = 283\ cm^{-1}$;			

R. Schaffert [2] a observé les fréquences infrarouges suivantes :

$$\nu_5 = 1754\ cm^{-1},\qquad \nu_3 = 752\ cm^{-1},\qquad \nu_1 = 1274\ cm^{-1}.$$

J. M. Delfosse [3] a établi les relations quantitatives entre les fréquences fondamentales correspondant aux mouvements plans et les forces de liaison des molécules du type éthylénique.

En introduisant dans les relations de Delfosse les valeurs des quatre groupes de fréquences, on est conduit à un système de neuf équations à quatre inconnues. Les valeurs les plus satisfaisantes sont

$$F = 1,50.10^5\ \text{dynes/cm};\qquad f = 8,83.10^5\ \text{dynes/cm};$$
$$\gamma = 1,27.10^5\ \text{dynes/cm};\qquad \Gamma = 1,63.10^5\ \text{dynes/cm}.$$

f, force de liaison N — O; F, force de liaison N — N;

γ, force de déformation $O - \hat{N} - O$; Γ, force de déformation correspondant à la variation de l'angle formé par la bissectrice de $O - \hat{N} - O$ et l'axe N — N de la molécule.

Les dimensions moléculaires proviennent des mesures par la diffraction électronique [4] : distance $N - N = 1,6$ Å; distance $N - O = 1,15$ Å; $O - \hat{N} - O = 120°$.

C. Manneback et A. Verleysen [5] ont obtenu pour C^2H^4 une fonction potentielle plus précise, dans laquelle interviennent les quatre forces de liaison et de déformation, ainsi que sept paramètres d'interaction (si l'on néglige g_i) : f', f'', f''', γ', Γ', γ_c, f_c.

Si l'on pose

$$\varphi_1 = f + f' + f'' + f''',\qquad \varphi_3 = f - f' + f'' - f''',\qquad \frac{1}{2}\gamma_1 = \gamma + \gamma',\qquad {}^2\Gamma_3 = \Gamma - \Gamma',$$

$$\varphi_2 = f + f' - f'' - f''',\qquad \varphi_4 = f - f' - f'' + f''',\qquad \frac{1}{2}\gamma_2 = \gamma - \gamma',\qquad {}^2\Gamma_4 = \Gamma + \Gamma',$$

on obtient d'abord, avec les trois fréquences du premier groupe, trois équations pour déterminer F, φ_1, γ_1, γ_c, f_c.

---

(2) *J. Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 507.

(3) *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, **55**, 1935, p. 114.

(4) Maxwell, Mosley et Deming, *J. Chem. Phys.*, **2**, 1934, p. 331.

(5) *Ann. Soc. Bruxelles*, **56**, 1936, p. 349.

Il subsiste donc nécessairement une indétermination. Une évaluation peut paraître assez arbitraire; il semble cependant qu'en raison de leur signification physique, on peut en donner une première approximation. Notons que, d'une façon indépendante, Sutherland (¹) a trouvé pour F la valeur $1{,}5.10^5$ dynes/cm, qui concorde avec les nôtres $F = 1{,}50$ et $1{,}56$.

Les trois derniers groupes de fréquences comportent six équations pour déterminer φ_2, φ_3, φ_4, γ_2, Γ_3, Γ_4, dans ce cas le système n'est plus indéterminé.

Nous obtenons ainsi les valeurs suivantes pour les forces de liaison et de déformation et pour les paramètres d'interaction, que nous comparons à ceux de C^2H^4 :

	N^2O^4.	C^2H^4.
Forces de liaison.		
F........	1,56	8,674
f........	8,95	4,9903
Forces de déformation.		
γ........	1,50	0,5957
Γ........	1,78	0,8576

Paramètres d'interaction.	N^2O^4.	C^2H^4.
f'........	−0,65	−0,0315
f''........	0,87	0,00048
f'''........	0,08	−0,0725
γ'........	−0,08	0,0492
Γ'........	−0,48	−0,1774
γ_c........	0,135	−0,5245
f_c........	0,446	−0,8131

Dans le tableau ci-dessous sont données les fréquences observées et celles calculées par les formules de Delfosse et de Manneback et Verleysen.

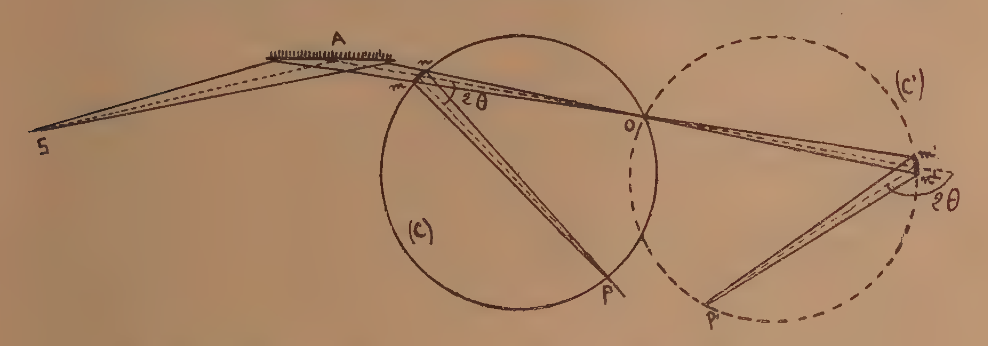
	Fréquences observées (en cm^{-1}.)	Fréquences calculées (fonctions de Delfosse).	Fréquences calculées (fonctions de Manneback et Verleysen).
		Premier groupe.	
1...........	1360	1378	1350
2...........	813	787	820
3...........	283	283	285
		Deuxième groupe.	
4...........	1265	1307	1265
5...........	752	720	752
		Troisième groupe.	
6...........	1749	1620	1749
7...........	380	320	380
		Quatrième groupe.	
8...........	1724	1892	1724
9...........	500	479	500

Si l'on pose $\nu_9 = 680$ cm^{-1}, on ne peut trouver un système de forces de liaison acceptable. ν_9 est donc certainement égale à 380 cm^{-1}.

RAYONS X. — *Dispositif permettant d'obtenir des diagrammes de diffraction de poudres cristallines très intenses avec un rayonnement monochromatique.* Note [1] de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

La présente Note a pour objet la description d'une méthode d'obtention de diagrammes de diffraction de poudres cristallines ou de corps amorphes présentant les caractères suivants : le rayonnement employé est rendu monochromatique par réflexion sur un cristal, les temps de poses néanmoins sont très courts, et enfin l'élimination de tout rayonnement parasite donne des clichés purs et permet, en prolongeant la pose, de faire apparaître des raies très faibles.

Le monochromateur A (*fig.* 1) est un cristal courbé utilisé par réflexion,



du type décrit par Johannson [2]. On entaille une lamelle cristalline de façon à lui donner une surface cylindrique de rayon R, on courbe ensuite cette lame sur un cylindre de rayon R/2. Dans ces conditions, la focalisation est théoriquement parfaite; pratiquement on peut employer des faisceaux à bien plus grande ouverture que ne le permettrait une lame simplement courbée, surtout pour les incidences faibles utilisées. Le cristal choisi était du quartz taillé parallèlement au plan $10\bar{1}1$, R était égal à 50^{cm}. Si en un point S du cercle de rayon R/2 on place une fente, ou mieux l'anticathode elle-même, en opérant de façon que la tache cathodique soit vue de A sous un très petit angle, on obtiendra par réflexion un faisceau monochromatique convergent en O, symétrique de S. Il est essen-

---

[1] Séance du 5 avril 1937.

[2] *Zeit. f. Phys.*, 82, 1933, p. 587.

tiel que la source et le cristal soient rigidement liés, la luminosité de l'appareil étant très sensible à de petits déréglages.

Soit (C) un cylindre à génératrices verticales passant par O : si, à l'endroit *mn* où le faisceau coupe le cylindre, on place une couche diffractante, les rayons diffractés par tout point de cette couche sous un même angle 2θ, dans un plan horizontal, viendront converger sur une génératrice P du cylindre (C). Il suffit donc d'enrouler un film sensible sur le cylindre (C) pour obtenir le diagramme de diffraction de la substance placée en *mn*.

Le résultat est valable quel que soit le cylindre, pourvu qu'il passe par O : du rayon choisi dépendra la dispersion du diagramme. D'autre part, il est avantageux de placer le cylindre (C) de telle façon que, dans la région étudiée, les rayons diffractés soient à peu près normaux à la pellicule photographique. On est ainsi conduit, pour les petits angles de diffraction $2\theta < 90°$, à opérer par transmission [cylindre dans la position (C)]; au contraire, pour $2\theta > 90°$, on opérera par réflexion [position (C')]. Dans ce dernier cas, on reconnaît le dispositif de la chambre de Seeman Bohlin, où la fente recevrait un rayonnement monochromatique pur, mais le fait d'utiliser un faisceau convergent permet aussi d'opérer par transmission, ce qui est indispensable pour avoir un bon pouvoir de résolution vers les petits angles θ.

Utilisant comme source un tube démontable à anticathode de cuivre sous le régime de 30 milliampères, 32 kilovolts, j'ai obtenu un diagramme d'une feuille de nickel en une pose de 2 minutes, le cylindre (C) avait un rayon de 48^{mm} : il donnait donc la même dispersion qu'une chambre de Debye ordinaire de 96^{mm} de rayon. J'ai obtenu un diagramme de silice vitreuse en 15 minutes, alors qu'en utilisant une chambre ordinaire précédée d'un cristal plan comme monochromateur il faut poser une trentaine d'heures (régime de 20 milliampères, 30 kilovolts) ([3]).

C'est l'emploi d'un rayonnement monochromatique pur d'une part, et d'autre part d'écrans convenablement placés qui permet de supprimer le fond continu des clichés. Il reste deux causes de voile : la diffusion par l'air du faisceau direct, mais tout l'appareil peut être placé dans le vide; et au voisinage de la raie directe, la diffusion par le cristal A lui-même, on y remédie en réduisant l'ouverture angulaire du faisceau incident. On peut donc utilement prolonger les poses, et le dispositif décrit est spécialement bien adapté à la mise en évidence de raies de très faible intensité.

([3]) Warren, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 658.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur la théorie de la radioactivité β.* Note [1] de M. **André Mercier**, transmise par M. Jean Perrin.

Considérons les deux phénomènes suivants : (A). Le noyau d'un atome absorbe un électron de la couche K ayant l'énergie W_s, avec émission d'un antineutrino d'énergie W_σ. (B). Un proton, dans un noyau, émet un positon d'énergie $-W_s$ et un antineutrino d'énergie W_σ, perdant ainsi une énergie W_0. La probabilité $P_{s\sigma}$, par unité de temps de ces phénomènes, est donnée dans la théorie de Fermi par l'expression

$$P_{s\sigma} = C\,|\,H_{s\sigma}\,|^2\,\delta(W_0 + W_s - W_\sigma),$$

où C est une constante et $H_{s\sigma}$ l'opérateur de perturbation qui dépend de la forme admise pour l'interaction. Soient (0,0), (0,1), (1,1), (2,2) les symboles correspondant aux diverses interactions proposées par E. Fermi [2], E. J. Konopinski et G. E. Uhlenbeck [3]. La probabilité totale des phénomènes (A) et (B) a été calculée par C. Møller [4] dans les hypothèses (0,0) et (0,1). Nous les calculons ici dans les deux autres. Nous admettons que les noyaux considérés ont un numéro atomique Z assez faible pour que la fonction d'onde du positon se réduise à une onde plane.

Nous choisissons pour unité d'énergie, d'impulsion et d'action respectivement mc^2, mc, et $h/2\pi$. Dans le cas (A), on peut égaler à 1 l'énergie de l'électron K, et on a alors $W_\sigma = W_0 + 1$. On doit sommer sur les électrons de la couche K. Dans le cas (B), on ne peut négliger l'énergie cinétique du positon, et son impulsion est en valeur absolue égal à $p_s = W_s^2 - 1$.

Le positon étant une lacune dans la théorie de Dirac, dont le niveau énergétique négatif vaut $-W$, W peut varier entre 1 et W_0. Il faut intégrer sur les valeurs de W.

Laissant de côté certaines constantes, on obtient pour la probabilité du phénomène (A) une expression proportionnelle à

$$2\pi(Z\alpha)^3(W_0+1)^4 = F_K^{(1,1)} \quad \text{dans le cas } (1,1),$$

et

$$2\pi(Z\alpha)^3(W_0+1)^6 = F_K^{(1,2)} \quad \text{dans le cas } (1,2);$$

---

(1) Séance du 5 avril 1937.

(2) *Zs. f. Phys.*, 88, 1934, p. 160.

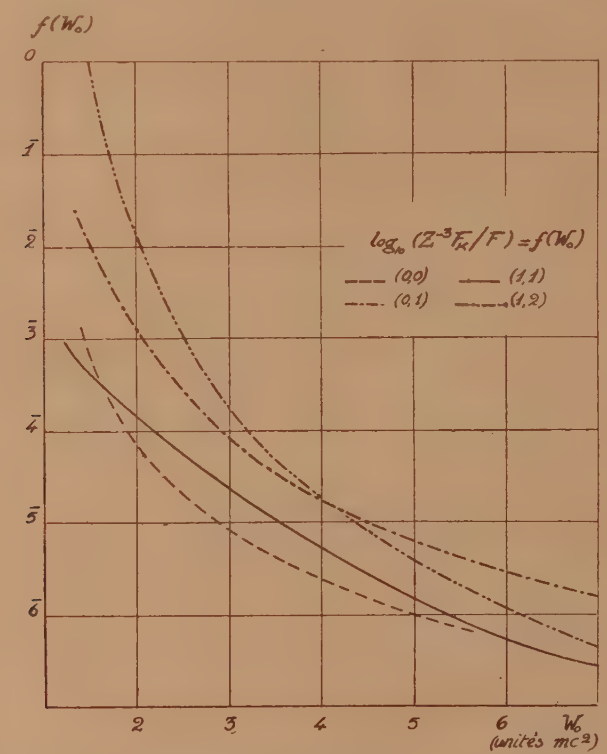
(3) *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 7.

(4) *Phys. Zs. Sow. Union* (sous presse). Voir aussi *Phys. Rev.*, 51, 1936, p. 84.

la probabilité du phénomène (B) est proportionnelle à

$$\frac{1}{3}\int_1^{W_0}(W_0-W)^4(2W^2+1)\sqrt{W^2-1}\,W\,dW = \mathfrak{w}^{(1,1)} \qquad \text{dans le cas } (1,1),$$

$$\int_1^{W_0}(W_0-W)^6(2W^2+1)\sqrt{W^2-1}\,W\,dW = \mathfrak{w}^{(1,2)} \qquad \text{dans le cas } (1,2).$$



L'intégration de ces expressions nous donne

$$\mathfrak{w}^{(1,1)} = \frac{1}{3}(0,003174\,W_0^8 + 0,001587\,W_0^6 - 0,01548\,W_0^4 - 1,2407\,W_0^2 - 0,17774)$$
$$\times \sinh(\operatorname{arc\,cosh} W_0) + \frac{1}{3}(W_0^3 + 0,5625\,W_0)\operatorname{arc\,cosh} W_0,$$

$$\mathfrak{w}^{(1,2)} = (0,00086581\,W_0^{10} - 0,007503\,W_0^8 + 0,032071\,W_0^6$$
$$- 0,10985\,W_0^4 - 0,29875\,W_0^2 - 0,02309)\sinh(\operatorname{arc\,cosh} W_0)$$
$$+ (0,3125\,W_0^3 + 0,09375\,W_0)\operatorname{arc\,cosh} W_0.$$

Le tableau ci-après donne quelques valeurs numériques pour

$$\log_{10}(Z^{-3}F_k^{1,1}), \quad \log_{10}(Z^{-3}F_k^{1,2}), \quad \log_{10}\mathfrak{w}^{(1,1)}, \quad \log_{10}\mathfrak{w}^{(1,2)}.$$

$W_0(mc^2)$	1,5.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
$\log \mathfrak{w}^{(1,1)}$	$\bar{1},413$	0,153	1,400	2,464	3,302	4,030	–
$\log \mathfrak{w}^{(1,2)}$	$\bar{4},785$	$\bar{1},146$	1,759	3,314	4,466	–	6,171
$\log(Z^{-3}F_K^{(1,1)})$	$\bar{5},980$	$\bar{4},296$	$\bar{4},796$	$\bar{3},184$	$\bar{3},501$	$\bar{3},768$	–
$\log(Z^{-3}F_K^{(1,2)})$	$\bar{5},776$	$\bar{3},251$	$\bar{2},000$	$\bar{2},582$	$\bar{1},057$	–	$\bar{1},807$

La figure donne le logarithme décimal du rapport entre $Z^{-3}F_K$ et $\mathfrak{w}$ en fonction de W_0. Les valeurs numériques correspondant aux cas (0,0) et (1,1) sont données dans le Mémoire de C. Møller (*loc. cit.*).

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Allure générale de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique.* Note de M. **Jules Guéron**, présentée par M. Georges Urbain.

Les nombreuses recherches relatives à l'évolution des solutions de chlorure ferrique nous donnent, au point de vue cinétique, des renseignements qui, pour être importants, n'en restent pas moins presque exclusivement qualitatifs [1] : l'évolution est représentée, quelle que soit la propriété choisie pour témoin, par des courbes en S; l'autocatalyse suggérée par cette forme de courbe a été directement démontrée [2]; la vitesse de réaction augmente avec la température et avec la dilution.

I. J'ai repris l'étude cinétique de cette réaction dans l'intention de préciser l'influence de ces deux derniers facteurs. Mais une difficulté essentielle se présente d'emblée : il est pratiquement impossible d'obtenir, en opérant à température et concentration constantes, des résultats reproductibles. Il faut donc avant tout rechercher quels facteurs, autres que la température et la concentration, déterminent la vitesse d'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique.

Les expériences dont il va être question ont toutes porté sur des solutions contenant 0,0178 mol-g/l de Cl^3Fe, préparées par dilution, au moyen d'eau redistillée, d'une solution stock 100 fois plus concentrée, et maintenues à $40,0 \pm 0,02°C$. Leur évolution a été suivie par des mesures de conductivité électrique (précision 0,1 pour 100); les solutions séjournaient constamment dans le vase à conductivité. Les courbes représentant la variation de la conductivité λ en fonction du temps t écoulé depuis que la solution a été portée dans le thermostat ont bien l'allure généralement connue : après

---

(1) Pour la bibliographie voir J. Guéron, *Ann. Chim.*, 11e série, 3, 1935, p. 245; cf. M. Auméras et M. Mounic, *Bull. Soc. Chim. France*, 4, 1937, p. 523.

(2) E. Heymann, *Kolloid. Z.*, 47, 1929, p. 325; 48, 1929, p. 25.

une période d'induction, la transformation commence, s'accélère puis se ralentit et tend vers une limite ([3]). Les courbes représentant une série d'expériences effectuées dans un même vase révèlent une vitesse moyenne d'autant plus grande que la période d'induction a été plus longue : les courbes $\lambda(t)$ se coupent deux à deux.

II. Il est commode d'employer une représentation graphique qui amplifie le début du phénomène (la période d'induction dure de quelques minutes à 2 heures et plus) tout en permettant d'en représenter l'ensemble sur un diagramme maniable (l'expérience a souvent été prolongée une semaine). En portant λ en fonction de $\log t$ on obtient une représentation particulièrement simple : la période d'induction se marque par une horizontale H d'ordonnée λ_0 ; puis, après une courte portion curviligne, les points expérimentaux s'alignent sur une droite D ; enfin ils se placent sur une courbe située au-dessous de D, qu'ils quittent d'autant plus tard que sa pente $\alpha (\alpha = d\lambda / d \log t)$ est plus faible ([4]).

L'évolution est donc représentée, le long de la droite D, par l'équation

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = \frac{\alpha}{\lambda_0} \log \frac{t}{t_0}. \tag{1}$$

On peut nommer t_0 (temps correspondant à l'intersection des droites D et H) *période d'induction rectifiée* : ce serait la valeur de la période d'induction si la courbe représentative se réduisait aux droites H et D, sans raccordement courbe.

Nous nous bornerons maintenant à considérer l'étape de l'évolution définie par la droite D ([5]).

([3]) Il faut signaler : 1° la constance absolue de la conductivité (à toute la précision des mesures près) pendant la période d'induction ; 2° l'existence fréquente, à la fin de celle-ci, avant la phase de variation régulière, de changements brusques (faibles mais indubitables) de la conductivité qui se stabilise un certain temps à sa nouvelle valeur. Pareil fait a déjà été constaté par Malfitano (*Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **8**, 1912, p. 159); on a fait des observations analogues dans l'étude de diverses coagulations (J. Guéron, *Ann. Chim.* **11**, 1935 p. 294; Joshi et collaborateurs, *J. Indian Chem. Soc.*, **13**, 1936, p. 309, 311 et 439; *Kolloid Z.*, **76**, 1936, p. 145.

([4]) L'évolution, dans certaines expériences, suit la droite D depuis la 4e heure et ne l'a pas encore quittée à la 150e. En représentant dans le diagramme $\lambda - \log t$ les expériences de Foussereau (*Ann. Chim. Phys.*, 6e série, **11**, 1887, p. 383), de Tian (*J. Chim. Phys.*, **19**, 1921, p. 190) et de Heymann (*Z. anorg. Chem.*, **71**, 1928, p. 18), portant sur des solutions de concentrations variées à diverses températures, on trouve la même loi vérifiée pendant des durées du même ordre, et valable même, dans une expérience de Heymann, entre la 9e et la 1050e heure. Même résultat pour une solution de sulfate ferrique, dont l'évolution est beaucoup plus lente, à mêmes température et teneur en fer, que celle du chlorure (période d'induction de l'ordre de 200 heures).

([5]) La loi de vitesse correspondante est particulièrement simple :

$$\frac{d(\lambda - \lambda_0)}{dt} = \frac{2,3\alpha}{t},$$

la vitesse d'évolution est, à chaque instant, inversement proportionnelle au temps

III. A l'augmentation simultanée, signalée plus haut, de la vitesse moyenne et de la période d'induction correspond une augmentation simultanée de α et de t_0 : comme les courbes $\lambda(t)$, les droites $\lambda(\log t)$ se coupent deux à deux.

Ces droites constituent une famille : en portant sur un graphique α/λ_0, en fonction de $\log t_0$, on obtient une droite

$$\text{(II)} \qquad \frac{\alpha}{\lambda_0} = p \log t_0 - q.$$

Cette droite varie d'un vase à l'autre et, pour un même vase, elle change avec l'âge de la solution stock.

IV. L'expérience montre que les droites (II) obtenues dans différentes conditions forment à leur tour une famille, d'équation

$$\text{(III)} \qquad q = 2{,}2307\,p - 0{,}408.$$

L'équation (I) devient alors (t et t_0 étant mesurés en minutes)

$$\text{(I')} \qquad \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = [p(\log t_0 - 2{,}2307) + 0{,}408] \log \frac{t}{t_0}.$$

L'étape moyenne de l'évolution des solutions aqueuses de chlorure ferrique est donc décrite par une formule à quatre paramètres. Deux d'entre eux sont fonctions de la température et de la concentration seules; les deux autres dépendent, à température et à concentration constantes, de l'âge de la solution stock employée et du vase dans lequel s'effectue la réaction.

GÉOLOGIE. — *Étude pétrographique du complexe à Radiolaires des formations mésozoïques des Carpathes Orientales.* Note de Mlle **Marguerite Frollo**, présentée par M. Lucien Cayeux.

La série mésozoïque des Carpathes Orientales est représentée par le Trias, le Dogger, le Malm et le Crétacé inférieur; le Lias n'a pas encore été signalé d'une façon sûre, et le Crétacé supérieur se rencontre seulement sous la forme de rares lambeaux, exception faite de la zone du Flysch.

Tous ces dépôts appartiennent à un grand synclinal, d'une longueur dépassant 100^{km}, et d'une largeur maxima de 10^{km}. Le soubassement en est

---

écoulé depuis le début de l'opération. On ne voit d'ailleurs pas quel mécanisme pourrait rendre compte de cette loi, dont il faut signaler la simplicité, mais à laquelle il faut d'autant moins attribuer une valeur explicative que l'équation (1) n'est peut être pas la seule à pouvoir représenter les résultats expérimentaux.

formé de schistes cristallophylliens. Quant à son contenu, il a été fortement plissé, et il en est résulté une structure en écailles assez compliquée.

Les deux étages de la base du Malm, le Callovien et l'Oxfordien, renferment des roches à Radiolaires. Leur épaisseur exacte est inconnue, en raison des éboulements qui les accompagnent toujours.

Les géologues roumains ont qualifié ces roches de « Radiolarites », et ils ont admis qu'il s'agissait de sédiments bathyaux, réalisant les plus grandes profondeurs atteintes au cours de la période mésozoïque dans les Carpathes Orientales.

L'étude pétrographique d'échantillons de roches à Radiolaires prélevées sur les deux versants du synclinal, dans la vallée du Bicaz, et dans le département du Ciuc, nous a permis d'identifier, dans toute la série callovienne-oxfordienne, les variétés suivantes de roches à Radiolaires :

1° *Grès ferrugineux très fins à Radiolaires.*
2° *Grès ferrugineux schisteux à Radiolaires.*
3° *Radiolarites-grès ferrugineux à Radiolaires.*
4° *Radiolarites proprement dites.*
5° *Spongolithes.*
6° *Calcaires à Radiolaires.*
7° *Silexites.*

Dans la région du Lac Rouge, où le complexe mesure seulement une dizaine de mètres, les grès à Radiolaires situés à la base, en forment à eux seuls plus de la moitié. Quant aux Radiolarites proprement dites, elles sont cantonnées vers le sommet de la formation avec l'épaisseur réduite à environ 2^m.

Toutes les plaques minces tirées de ces Radiolarites renferment, à côté des Radiolaires constituant l'élément principal, une proportion très appréciable de spicules d'Éponges fragmentaires, et de minéraux détritiques comprenant des grains de quartz, du mica blanc, du *rutile* très fréquent, et quelques grains de zircon. Les Radiolaires revêtent des formes *simples*, *globuleuses*, et sont pourvus d'une coquille relativement mince. De cette constitution, on peut conclure que les Radiolarites en question diffèrent essentiellement des vases à Radiolaires actuelles, en ce qu'elles trahissent l'influence de la terre ferme et l'intervention de matériaux clastiques.

Conclusions. — 1° Nous proposons de désigner l'ensemble des roches à Radiolaires des Carpathes Orientales sous le nom de *Complexe à Radiolaires*, le terme *Radiolarites* n'étant applicable qu'à une fraction réduite de cet ensemble.

2° La composition de ce complexe à Radiolaires l'éloigne manifestement des dépôts bathyaux, car il est essentiellement formé de sédiments de *faible profondeur*.

Cet exemple démontre une fois de plus l'utilité du microscope dans l'étude des formations sédimentaires.

GÉOLOGIE. — *Le Paléozoïque de la région de Ghar Rouban* (*Frontière algéro-marocaine*). Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les affleurements primaires de la région de Ghar Rouban, prise dans son sens large, se répartissent en quatre groupes, qui ont déjà été définis [1]. Depuis longtemps, les géologues algériens se sont préoccupés de l'âge des *Schistes de Ghar Rouban*, mais, en l'absence de fossiles, les attributions, basées surtout sur les faciès, étaient nettement insuffisantes.

Au pied du Dj. Aourir, à 21^{km} au Sud d'Oujda, dans un calcaire exploité pour marbre, rappelant beaucoup la roche des « récifs rouges » frasniens des Ardennes, j'ai découvert des Algues et des Polypiers très abondants, accompagnés d'*Atrypa reticularis* Lin., *Spirifer robustus* Barr., *Sp. naïadum* Barr., *Sp. thetidis* Barr., *Sp. cf. Nerei* Barr., *Wilsonia Henrici* Barr., *Pentamerus optatus* Barr., *Orthis palliata* Barr., *Bronteus* sp., prouvant l'existence du Dévonien inférieur (F 2 de Barrande), sous le faciès des Calcaires de Konjeprus. Le fait est instructif; à l'est du col de Touahar, près de Taza, on n'a jamais signalé, au Maroc ni en Oranie, quoi que ce soit de bien daté, antérieur au Carbonifère.

Dans le horst même de Ghar Rouban, à 5^{km} au sud-est du Dj. Fernane, j'ai aussi recueilli, au toit d'une barre calcaire dolomitisée presque partout ailleurs, une faunule dans laquelle M. Delépine a reconnu : *Productus pixidiformis* de Koninck, *Pr. punctatus* Martin, *Pr. plicatilis* Sow., *Pr. cora* d'Orb. de grande taille, *Chonetes Dalmaniana* de Kon., *Ch. papillonacea* Phill., *Sp. trigonalis* Martin, des Polypiers, des Encrines et des Fenestelles. Ces fossiles indiquent sans ambiguïté le Viséen; l'absence de tout type viséen supérieur permet d'en faire du Viséen inférieur ou moyen, sans pouvoir préciser. A 1^{m} seulement sous ces calcaires se trouve un petit banc de

---

(1) *C. R. som. Géol. France*, 3, 1936, p. 46 à 48.

phtanite exceptionnellement riche en Radiolaires assez bien conservés, au test fin et grêle.

A la lumière de ces faits, je peux maintenant interpréter la structure du horst de Ghar Rouban. A l'extrémité est de ce horst, dans l'oued Taïrert, affleure un granite monzonitique. Il développe, dans des schistes et des quartzites, un métamorphisme intense, sensible aussi au Dj. Fernane, et à la mine de Ghar Rouban, où l'on trouve même un calcaire métamorphique, bien différent du calcaire viséen dit *d'Allouba*. Or on retrouve, dans une série de schistes et microbrèches, subordonnée aux schistes qui contiennent les calcaires et phtanites viséens, des fragments microscopiques d'un granite monzonitique, identique à celui de l'oued Taïrert, et des débris très nombreux de schistes métamorphiques. Cette série a fourni, à A. L. Brichant (²) comme à moi, des débris de plantes indéterminables.

On est donc fondé à établir comme suit la série primaire de la région :

1° Un Dévonien, certain à l'Ouest et probable à l'Est, formé de schistes, quartzites peu abondants, avec parfois un banc de calcaire fossilifère; ces roches ont été, par places, métamorphisées par une venue de granite monzonitique anté-viséenne.

2° Une série transgressive viséennne, qui a puissamment érodé le Dévonien, et qui comprend :

a. Des schistes et microbrèches, puis des microbrèches dominantes, à plantes.

b. Des schistes et quartzites, contenant localement une barre calcaire, et des phtanites, déposés dans un milieu essentiellement détritique, en eau sans doute peu profonde, malgré le caractère pélagique des Radiolaires. Au Djorf Ouazzene, ce niveau, montrant une belle barre de phtanites, est pénétré par un massif de roches éruptives, allant d'une microgranodiorite à une dacite, passant au Sud sans solution de continuité visible à une granodiorite, qui métamorphise à la fois le Dévonien et le niveau viséen *a*. Des faits analogues ont été décrits par Brichant (*loc. cit.*) plus à l'Ouest.

c. Des schistes, quartzites et calcaires d'âge bien connu, affleurant dans le horst de Tousit; les faunes à Goniatites qu'on peut y recueillir n'ont pas été décrites jusqu'ici; elles se répartissent dans deux zones successives : 1° *Goniatites crenistria* Phill., *G. striatus* Phill., *Homoceras Bruningianum* Schm., *Dimorphoceras Loonei* Phill., *D. discrepans* Brown, *D. Gilbertsoni* Phill., *Dimorphoceras* sp. aff. *texanum* Smith, *Pronorites cyclolobus*

(²) *Comptes rendus som. Soc. Géol.*, 5, 1932, p. 66 à 68.

Phill., *Paraprolecanites* aff. *mixolobus* Sandberger, *Daraelites* aff. *praecursor* From.; 2° *Goniatites subcircularis* Miller, *G. granosus* Portlock. Le genre *Daraelites* est signalé ici pour la première fois en Afrique du Nord. Les deux niveaux du Viséen supérieur contiennent des pointements de dacite certainement volcanique, au moins en partie; des mouvements de cette époque ont amené la formation de conglomérats et grès grossiers à fragments de phtanites à Radiolaires; dans tout le bassin de Djerada, ils séparent le Viséen supérieur des schistes beaucoup moins plissés rapportés au Namurien.

En résumé, on voit qu'au sud d'Oujda, on peut reconnaître : du Dévonien fossilifère; des mouvements antéviséens, accompagnés d'une montée granitique; des dépôts transgressifs viséens parmi lesquels on trouve, comme dans la Montagne Noire, les Pyrénées etc., des phtanites à Radiolaires, dont le dépôt a accompagné un épisode volcanique (3), complément de la mise en place d'une grande masse de granodiorite; terminant cette période instable, un mouvement post-viséen permet à la mer namurienne de remanier les dépôts sous-jacents. Ces résultats, nouveaux pour le Maroc oriental (4) quant à l'ensemble, diffèrent sensiblement de ceux obtenus par H. Termier au Maroc occidental et central.

GÉOLOGIE. — *Sur la genèse des roches alcalines de Julianehaab (Groenland).* Note (1) de M. **Eugène Wegmann**, présentée par M. Charles Jacob.

Les roches alcalines du district de Julianehaab sont devenues classiques, grâce aux travaux pétrographiques de N. V. Ussing (2), qui les a considérées comme une série de roches éruptives dont la différenciation serait due à la séparation par ordre de gravité des composants successivement cristallisés. Pour certaines formations marginales, il est fait appel à l'anatexie des roches encaissantes.

En 1936, j'ai pu, sous les auspices et avec le bienveillant appui du Service

(3) Voir L. Cayeux, *Les Roches sédimentaires de France, Roches siliceuses*, Paris, 1919, p. 344 et 353.

(4) Voir Brichant, *loc. cit.*; L. Clariond, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 9, 1933, p. 110-112, et 5, 1936, p. 84-85; P. Marie, *ibid.*, 2, 1936, p. 19-21.

(1) Séance du 31 mars 1937.

(2) *Medd. om Grønland*, 38, 1912, xi + 367 pages.

géologique du Groenland, dirigé par M. Lauge Koch, faire des recherches dans le district de Julianehaab et j'ai eu ainsi l'occasion d'étudier une partie des massifs des roches alcalines. Ces nouvelles observations m'obligent à considérer la genèse de ces roches d'une manière un peu différente.

Les roches alcalines du massif d'Ilimausak sont situées dans une série de couches dont la partie inférieure consiste surtout en grès (grès d'Igaliko) avec produits volcaniques intercalés, tandis que la partie supérieure est presque exclusivement d'origine volcanique. L'ensemble a une épaisseur d'environ 2000^{m} et repose sur un vieux socle cristallin.

Près de la localité de Nunarsuatsiak, on reconnaît, dans les lujaurites, non seulement les structures des roches volcaniques, mais on y voit aussi des couches d'agglomérats volcaniques. Les veines de granite à arfvedsonite passent aux couches intercalées de quartzites. Les naujaites forment des filons-couches dans les lujaurites; mais ces filons sont souvent boudinés. On reconnaît alors que cette série de roches est le produit de la transformation d'un complexe se composant d'une partie volcanique qui repose sur une série quartzitique, le tout ayant été traversé par des filons d'essexites. Ces roches et leurs structures particulières ne correspondent donc pas à des roches éruptives, mais à des roches métamorphiques.

Les syénites néphéliniques du massif entre le fjord de Korok et le glacier de Kiagtut montrent, de loin, une structure analogue à celle de plusieurs parties du vieux socle; des granites et des gneiss y sont traversés par un réseau de filons sombres plus jeunes. En étudiant de près cette structure dans le massif syénitique, on voit que l'édifice tectonique est plus ou moins conservé; les matériaux seuls ont été transformés, aussi bien le vieux socle que les filons qui le traversent.

Dans la région de Jullianehaab, les formations de la couverture, de même que celles du socle ancien sur lequel elles reposent sont localement *transformées en roches alcalines*.

Ces constatations permettent d'affirmer la relation chronologique de deux groupes de roches distingués par Ussing : *a*, une série de roches intrusives allant de l'essexite de Narsak par les nordmarkites aux granites à arfvedsonite; ce sont des masses intrusives contaminées par la digestion de grandes masses de roches encaissantes; *b*, un groupe de roches fortement alcalines contenant les lujaurites, naujaites, kakortokites, foyaites et autres syénites néphéliniques; il s'agirait de roches *métamorphiques*. Leur transformation est postérieure à l'intrusion du premier groupe, puisque des roches de ce dernier ont subi des transformations.

Les roches du groupe *b* ont donc été formées par deux composantes : 1° un édifice de roches en place, dont la structure est plus ou moins conservée, et 2° une composante immigrée, qui a imbibé et transformé chimiquement cet édifice. Ce n'est donc pas un mélange par fusion. Il semble indiqué d'attribuer des roches d'origine mixte de ce genre à la catégorie des migmatites et de les opposer aux roches d'origine magmatique dont la naissance est due à des masses en fusion.

On sait (³) qu'une grande partie des roches granitiques est d'origine migmatitique; il semble que l'on peut également entrevoir la genèse de certains types des roches alcalines comme étant d'origine mixte. De nombreux problèmes d'ordre pétrochimique et tectonique trouveront ainsi une solution plus simple.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le métabolisme de l'azote d'un microorganisme, envisagé du point de vue des lois de l'allométrie.* Note (¹) de M. **William-Henri Schopfer**, présentée par M. Marin Molliard.

En étudiant l'évolution du taux de l'azote de *Phycomyces*, en fonction des facteurs de croissance, nous observons, au fur et à mesure du développement une diminution régulière de la teneur en N. (exprimée en pour 100 du poids sec) (²). Cette évolution du taux azoté s'observe avec des conditions culturales très variées et avec des sources d'azote très différentes (tant qu'elles sont normalement assimilables); elle témoigne de l'indépendance du microorganisme par rapport à son milieu. Nous savons que *Phycomyces* ne se développe pas sans facteur de croissance (vitamine Bl), la dose optimale étant de 0,5 de vitamine pour 25^{cm^3} de milieu contenant 10 pour 1000 d'asparagine. Une dose plus faible de facteur Bl bloque la croissance et maintient le thalle à un stade morphologique et physiologique juvénile, malgré son âge absolu parfois très grand.

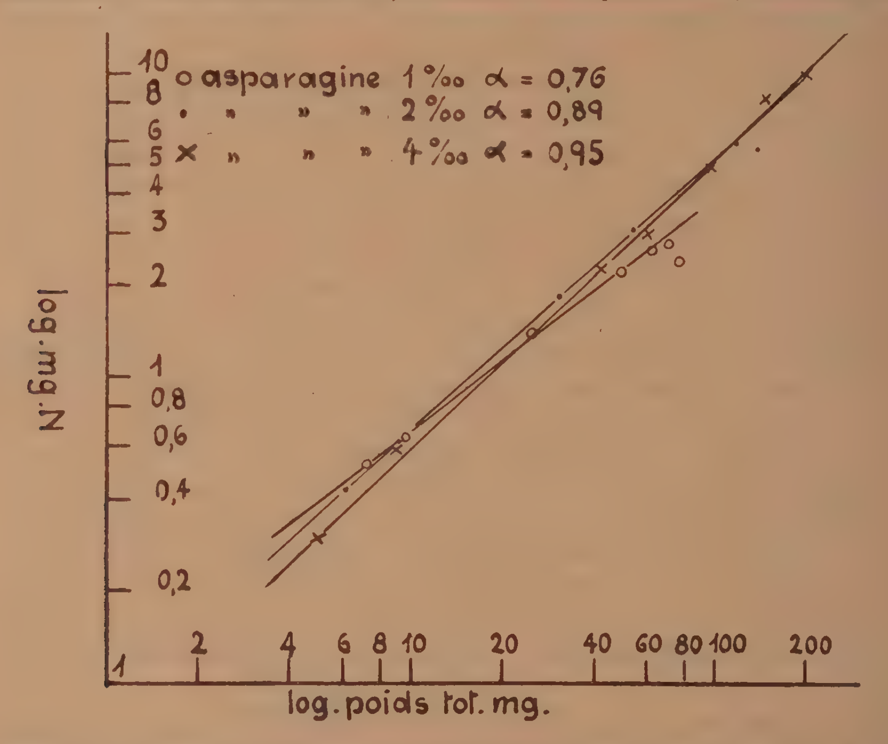
Cherchant à préciser la signification de cette évolution du taux de l'azote total, indépendante de l'âge absolu, mais strictement liée à son âge physiologique relatif, nous avons trouvé dans les lois de l'allométrie (Huxley,

(³) C. E. Wegmann, *Geol. Rundschau*, 26, 1935, p. 305-350.

(¹) Séance du 5 avril 1937.

(²) *Comptes rendus*, 200, 1936, p. 1965.

Teissier) ([2]) un moyen pratique d'exprimer nos résultats, en les rattachant à une loi de portée très générale. Nous utilisons les thalles développés en présence de doses croissantes de facteur Bl (7 doses, de 0,01 à 1,6$^{\gamma}$ par culture). Pour chaque série nous effectuons 10 pesées, à des moments différents. Nous obtenons ainsi 70 thalles, correspondant à 7 courbes en



fonction du temps. Chaque thalle est défini quant à son poids et à sa teneur en azote total (microméthode de Bang). En portant les points figuratifs des divers stades de développement de chaque série dans un système de coordonnées logarithmiques, nous obtenons des droites qui satisfont à l'équation : $y = bx^{\alpha}$ (Teissier); α se montre relativement constant, de 0,72 à 0,76, tant que la source azotée est bien assimilable; la croissance biochimique de l'azote suit donc une loi d'allométrie négative parfaitement caractérisée. Il n'est pas possible de mettre en évidence un point critique;

([2]) G. Teissier, *Dysharmonies et discontinuités dans la croissance*, *Act. scient.*, 95, 1934, p. 1; J. S. Huxley, *Problems of Relative Growth*, 1932.

seuls les points figuratifs de thalles à poids élevés se placent un peu en dehors de la droite; tant que les thalles sont en voie de croissance, les points s'ordonnent très exactement selon une droite.

Lorsque nous faisons varier quantitativement la source azotée, l'asparagine passant de 1 à 2 et 4 pour 100, nous retrouvons la même diminution du taux de l'azote et le seul examen des données analytiques ne permet pas de déceler de différences; mais si, après achèvement de la croissance, nous examinons les résultats du point de vue des lois de l'allométrie, nous relevons une variation régulière de α, qui passe de 0,76 à 0,88 et 0,95; le métabolisme azoté est à ce moment soumis aux variations du milieu : en augmentant la concentration de la source azotée, la teneur en azote du thalle croît presque aussi rapidement que le poids total de celui-ci.

Ces résultats, obtenus pour la première fois avec un microorganisme, confirment que les lois de l'allométrie sont également applicables aux végétaux ([4]); ils prennent une signification particulière si l'on se rappelle que nous avons affaire à un organisme acellulaire, peu différencié; si ce n'était la présence de la chitine (5 pour 100 environ du poids sec total, teneur en N, 5,05 pour 100), on pourrait rapporter les données obtenues à un cytoplasme unique relativement homogène.

On peut faire des réserves quant à la transposition des règles de l'allométrie, du domaine de la morphologie à celui de la biochimie de la croissance, et relever que la signification profonde nous échappe encore; elles n'en constituent pas moins une aide exacte et précieuse.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du carbonate de calcium sur la végétation du Radis*. Note de M. **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

Les cultures qui font l'objet de cette Note ont été effectuées sur un milieu synthétique dans lequel le carbonate de calcium pulvérulent est réparti d'une manière homogène; elles ont l'avantage, tout au moins en ce qui concerne l'absorption du calcium, de se rapprocher beaucoup plus des conditions normales de végétation que les cultures qui sont réalisées à partir de milieux liquides où il est impossible de faire passer en solution d'importantes quantités de carbonate. Dans les conditions où nous nous

---

([4]) P. Meunier, *Bull. Soc. chim. biol.*, **18**, 1936, p. 636.

sommes placés, les jeunes racines, dès le début de leur développement se trouvent au contact de fines particules crayeuses, comme dans un sol calcaire naturel.

Le milieu de culture témoin, introduit dans des tubes bouchés au coton, est constitué par 60^{cm^3} de solution de Knop diluée de moitié, rendue solide par addition de gélose; le second milieu diffère du précédent par la présence de carbonate de calcium pulvérulent pur, ajouté à la dose de 1^g par tube; après la stérilisation, au sortir de l'autoclave, il suffit d'agiter les tubes jusqu'à ce que, le refroidissement étant suffisant, le liquide se gélifie; on obtient ainsi une suspension homogène de craie pulvérulente dans la masse de gélose.

Les plantules de Radis, issues de graines de même poids (11-12^{mg}) ont été transportées aseptiquement sur les deux milieux. Les récoltes ont été effectuées après 31 jours de végétation. Les résultats ci-dessous se rapportent à 49 plantes récoltées sur chaque milieu.

	Substance fraîche.	Substance sèche.	Cendres.	Calcium.	Magnésium.
Cultures sur Knop sans carbonate de calcium.					
Feuilles	18624 mg	908 mg	196 mg	11,4 mg	3,35 mg
Hypocotyles	1943	121	55	6,6	1,90
Racines	2791	169			
Plantes entières	23358	1198	251	18	5,25
Cultures sur Knop avec carbonate de calcium.					
Feuilles	15701	831	182,5	25,3	4,28
Hypocotyles	1187	77	69	11,3	1
Racines	3209	229			
Plantes entières	20097	1137	251,5	36,6	5,28

En présence du carbonate le poids frais de la plante entière est plus faible, la diminution est de 15 pour 100 environ, mais le déficit en substance sèche n'est que de 5 pour 100. L'effet le plus apparent de l'introduction de la craie dans le milieu de culture est d'abaisser la teneur de la plante en eau; cette action s'exerce exclusivement sur l'appareil aérien, feuilles et hypocotyle; on voit, en effet, que les racines présentent un poids de substance fraîche nettement supérieur à celui de la récolte témoin; leur développement est d'ailleurs plus considérable, ce qui se traduit par l'augmentation de la substance sèche et des cendres. Cette diminution de la teneur en eau des plantes modifie très nettement l'aspect

des cultures sur carbonate : réduction de l'hypocotyle et des pédoncules foliaires; ces caractères apparaissent sur les figures représentant deux échantillons moyens prélevés, l'un (*fig.* 1) sur le milieu témoin, l'autre (*fig.* 2) sur le milieu carbonaté.



La dissolution et l'absorption de la craie mise au contact des racines du Radis a pour effet de doubler la teneur de la plante entière en calcium; on n'observe pas une telle absorption du métal sur des cultures en milieu liquide auquel on ajoute une quantité équivalente de carbonate.

C'est surtout dans les feuilles qu'a lieu l'accumulation, la teneur en calcium de la substance sèche passant de 1,25 à 3 pour 100; on observe une augmentation parallèle, mais moins importante du magnésium, au détriment des racines; elles contiennent moitié moins de magnésium que celles qui se développent sur le milieu témoin.

Il convient enfin de remarquer que les rapports des quantités de calcium

et de magnésium contenues d'une part dans les deux milieux de culture, d'autre part dans les deux lots de plantes récoltées, peuvent varier dans des limites très larges (ce rapport Ca/Mg varie de 3,5 à 7 dans les deux récoltes) sans exercer d'influence sensible ni sur l'absorption du magnésium, les deux lots de plantes en renfermant respectivement $5^{mg},25$ et $5^{mg},28$, ni sur la production de la matière sèche qui varie seulement de 5 pour 100 d'un milieu à l'autre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le déterminisme de l'action morphogène exercée par le milieu aquatique chez les végétaux.* Note de Mlle **Marie-Thérèse Gertrude**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré antérieurement les modifications qu'apporte le milieu aquatique, d'une part dans l'élaboration de la matière organique totale, d'autre part dans la genèse de la substance azotée et de la substance phosphorée chez une espèce amphibie, le *Veronica Anagallis*. J'exposerai ici les faits qui m'ont permis de mettre en évidence les dosages comparés des diverses formes de glucides effectués dans les tissus des individus cultivés respectivement dans les deux milieux, et j'exposerai les conclusions auxquelles conduit l'ensemble de mes recherches quant au déterminisme de l'action morphogène exercée par le milieu aquatique sur la plante étudiée.

Le *Veronica Anagallis* a été cultivé, d'une part sous l'eau, complètement immergé, d'autre part sur un sol, les tiges feuillées et fleuries se développant à l'air libre. Des récoltes ont été faites à des temps rapprochés au cours de la croissance, et à chaque récolte j'ai dosé dans les deux lots de plantes : les sucres réducteurs, les holosides hydrolysables par l'invertine et l'hétéroside hydrolysable par l'émulsine. Les quantités de sucres réducteurs, existant dans les tissus, ou formés au cours des hydrolyses, exprimées en glucose, ont servi à construire les courbes ci-contre.

L'examen de ces courbes autorise les conclusions suivantes : la matière végétale qui se construit sous l'eau, si elle élabore en un même temps des quantités de matière carbonée totale à peu près égales à celles que produit la matière végétale qui se construit à l'air libre [1], en laisse une proportion beaucoup moindre à l'état de glucides; pendant toute la durée de son développement le *Veronica Anagallis* vivant sous l'eau accumule dans ses

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 811.

tissus moins de sucres réducteurs, moins d'holosides hydrolysables par l'invertine, moins d'hétéroside hydrolysable par l'émulsine. L'étude du métabolisme de la matière azotée et de la matière phosphorée ayant mis d'autre part en évidence une activité beaucoup plus grande de l'élaboration des corps organiques azotés et phosphorés ([2]), il nous est possible de nous faire une idée de l'ensemble des modifications qu'apporte le milieu aquatique dans la morphogenèse.

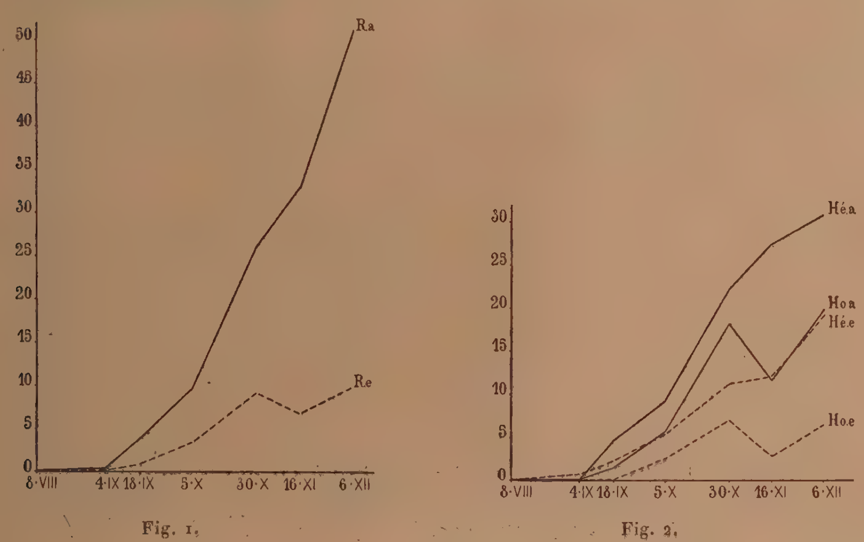


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes exprimant les variations des quantités de sucres réducteurs dans une plante croissant sous l'eau, R.e, et dans une plante croissant à l'air libre, R.a.

Fig. 2. — Courbes exprimant les variations des quantités d'holosides, Ho.e, et d'hétéroside, Hé.e, dans une plante croissant sous l'eau; Ho.a et Hé.a, dans une plante croissant à l'air libre.

Ce n'est pas, comme on l'a cru, par une déficience dans l'élaboration de la substance organique que la matière végétale immergée se différencie de la matière végétale fonctionnant dans l'air, c'est par la manière dont elle utilise la substance organique élaborée; en un même temps le tissu végétal immergé parvient à transformer en carbone organique une quantité de carbone minéral égale à celle que transforme le tissu aérien, mais au lieu d'en accumuler la plus grande part à l'état de matière inerte, de glucides, il n'en immobilise sous cette forme qu'une proportion beaucoup moindre et amène le reste à l'état de constituants végétaux plus complexes.

([2]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1091.

Récemment R. Combes ([3]) concluait d'expériences de cultures, réalisées en partant de ce même *Veronica Anagallis*, que le milieu aquatique agissait sur la morphogenèse par les faibles concentrations en glucides qu'il imposait aux tissus. Mes recherches confirment cette conclusion et la complètent. La matière végétale immergée diffère en effet de la matière végétale élaborée à l'air par une teneur moindre en glucides; et l'on voit par quel mécanisme cette moindre teneur est réalisée; c'est que l'assimilation du carbone ne s'arrête que pour une faible part à ce stade glucide; les phénomènes anaboliques amènent rapidement la plus grande partie du carbone intégré par la photosynthèse jusqu'à un stade de complication plus avancé, jusqu'au stade de grosses molécules azotées et phosphorées qui s'organisent en matière vivante.

BOTANIQUE. — *L'équilibre évolutif et l'influence germinale chez les Abiétinées.* Note de M. **Henri Gaussen**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En étudiant dans les diverses espèces d'un groupe le degré d'évolution des divers organes, on observe souvent la coexistence de caractères primitifs et de caractères évolués. Il semble que, à partir du niveau évolutif d'ensemble réalisé à l'origine du groupe, les diverses espèces ont eu une capacité limitée d'évolution. Si un caractère a eu une évolution poussée, d'autres n'ont pas bougé et le primitif voisine avec l'évolué comme pour réaliser un certain équilibre.

Quand on étudie la totalité des caractères d'un groupe on trouve de multiples exemples.

Prenons quelques caractères du genre *Abies*, Sapin. Mlle Flous (1936) a montré que l'évolution se fait vers les feuilles longues, à apex échancré, de disposition pectinée, à canaux marginaux, à faisceaux soudés, le ramule glabre, les cônes petits à bractée longue.

Prenons le phylum *magnifica*, *nobilis*. Le cône est grand et gros, donc primitif chez ces deux espèces, mais plus grand chez *nobilis*, qui est plus primitif par ce caractère. La bractée est courte chez *magnifica*, caractère primitif, elle est longue chez *nobilis*, caractère évolué. Les faisceaux sont presque soudés chez *magnifica*, c'est un caractère évolué; ils sont plus séparés chez *nobilis*.

([3]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 680.

Chaque espèce a donc un équilibre relatif de caractères primitifs et évolués. Il faut imaginer un ancêtre commun à grands cônes à bractées incluses, à faisceaux foliaires séparés. A partir d'elles, *nobilis* a évolué par l'allongement des bractées, *magnifica* par le raccourcissement du cône et le rapprochement des faisceaux.

Cet équilibre évolutif fait qu'il est très rarement possible de trouver dans un genre une espèce plus évoluée par tous ses caractères qu'une autre espèce du même phylum. La mise en série se fait facilement pour quelques caractères mais rarement pour tous.

Cependant certaines espèces sont plus primitives par l'ensemble de leurs caractères. Les plus remarquables sont *A. Pinsapo* du sud de l'Espagne et *A. subalpina* de la région Pacifique de l'Amérique du Nord.

A partir de *A. subalpina* on peut faire partir des rameaux où se placent des espèces actuelles plus évoluées par tous leurs caractères. Ainsi Mlle Flous fait dériver de *A. subalpina* : *Arizonica*, *balsamea*, *Fraseri*, *gracilis*, *sachalinensis*, *nemorensis*, *nephrolepis*. L'aire de ces espèces entoure d'une façon plus ou moins nette l'aire d'*A. subalpina*.

D'autres espèces sont plus évoluées pour l'ensemble de leurs caractères, c'est le cas d'*A. bracteata*. Cette espèce présente des bractées du cône de longueur exceptionnelle. Elle vit uniquement à la montagne Santa Lucia en Californie.

Il est remarquable que sur le même continent, l'espèce primitive ait une aire considérable et que l'espèce évoluée soit cantonnée dans une aire minuscule [1].

Une autre remarque qui au premier abord n'a aucun lien avec la précédente est la suivante : de tous les *Abies*, *A. bracteata* reforme le plus difficilement sa flèche. Une greffe de rameau latéral se décide avec grand peine à faire une flèche.

Ces observations disparates peuvent se relier si l'on attribue une influence ancestrale aux parties germinales et une propension à l'évolution des cellules somatiques les plus soustraites à l'irradiation germinale. Une espèce très évoluée a vu la victoire des cellules somatiques. L'influence germinale a regressé, a presque abdiqué.

Chez les Sapins moyennement évolués cette influence se trouve encore dans les bourgeons terminaux des rameaux. Si une greffe amène l'un d'eux

---

(1) *A. Pinsapo* semble faire exception, mais il était sans doute dans une île au tertiaire et sa dispersion a rencontré des obstacles insurmontables.

à faire office de flèche il remplira son rôle presque aussi bien qu'une vraie flèche. Chez *A. bracteata*, le peu d'activité germinale qui reste est dans la flèche; un rameau latéral inférieur en a très peu et se décide difficilement à faire une flèche si l'on veut l'y obliger. Dans cette espèce, l'influence germinal est insuffisante pour empêcher les bractées du cône de croître comme c'est la loi des feuilles. Le soma évolué est vainqueur presque partout. Il est si victorieux qu'il est probable que la capacité reproductrice et la force d'expansion de l'espèce sont faibles, ce qui expliquerait l'aire réduite.

En poussant aux ultimes conséquences, on peut dire qu'une espèce très évoluée perd la faculté de se reproduire et disparaît. Cette opinion a été souvent émise. L'équilibre évolutif est fait d'un ensemble de caractères dont certains ont évolué et d'autres sont restés primitifs. S'il est rompu par décadence de l'influence retardatrice germinale, l'évolution se précipite et c'est bientôt la fin du phylum.

On peut donc considérer trois types d'espèces. Les *espèces primitives* dans leur ensemble, étant donné le niveau moyen du groupe, ont peut-être le plus de facilités pour occuper de vastes aires; des jordanons se développeront facilement à leur périphérie, amorces vers des linnéons plus évolués. Ces linnéons constituent le deuxième type qu'on peut appeler : *espèces en équilibre évolutif*. Certains caractères ont évolué, d'autres sont encore maintenus à l'état primitif. Enfin, en quelque point particulier, les forces conservatrices perdent le contrôle; l'équilibre est rompu, tous les caractères évoluent, ce sont les *espèces évoluées*. La faculté reproductrice usée termine son évolution par la mort.

PHYSIOLOGIE. — *Au sujet de l'expérience Philippeaux-Vulpian.* Note [1] de MM. **André Tournade** et **Marc Chevillot**, présentée par M. Louis Lapicque.

En 1863 Philippeaux et Vulpian [2] ont observé un fait bien curieux. Sur un chien, dont l'un des nerfs hypoglosse avait été coupé quelque temps auparavant, l'excitation du nerf lingual du même côté déterminait, en plus des phénomènes de vaso-dilatation habituelle, une contraction tardive,

---

(1) Séance du 15 mars 1937.

(2) *Comptes rendus*, 56, 1863, p. 1009.

paresseuse, prolongée de l'hémilangue en voie de dégénération. L'expérience, reprise et complétée sur des points de détails par R. Heidenhain ([3]), J. P. Morat ([4]), et bien d'autres auteurs, est devenue d'emblée classique. Mais son explication devait rester longtemps une énigme.

Le paradoxe réside en ceci : un nerf qui n'est pas normalement moteur acquiert ce pouvoir et l'exerce sur des muscles énervés, plus ou moins dégénérés, avec lesquels il ne possède pas de connexions anatomiques.

Cette particularité, soulignée par Heidenhain, devait conduire certains physiologistes à soupçonner l'intervention d'un produit intermédiaire (ou médiateur chimique) qui, libéré par l'excitation nerveuse, diffuserait jusqu'aux fibres musculaires voisines pour provoquer de leur part une contraction de type évidemment dégénératif.

Langley ([5]), le premier, a émis cette hypothèse et imaginé que le rôle excito-moteur revenait à quelque métabolite. E. Franck, M. Nothmann et Hirsch-Kauffmann ([6]) ayant établi que l'acétylcholine est apte à susciter les dites réactions « pseudo-motrices », c'est cette substance que Dale ([7]) a catégoriquement désignée comme responsable du phénomène de Philippeaux-Vulpian. A son tour W. Feldberg s'est rangé à la même opinion du fait qu'il a trouvé de l'acétylcholine, pendant l'excitation du lingual, dans le sang qui sort de la langue ([8]).

Ces constatations sont fort intéressantes, car elles ont permis d'imaginer que l'effet vaso-dilatateur résulte d'un *transfert chimique de l'excitation nerveuse*. Remarquons cependant qu'elles laissent en suspens la question de savoir si la libération par le nerf d'une substance active représente bien le mécanisme essentiel, *exclusif* de l'excitation. Il se pourrait, en effet, que l'apparition de l'acétylcholine fut une simple conséquence d'un métabolisme modifié par l'entrée en action du système neuro-vasculaire.

Laissant de côté ce problème, nous avons cherché à résoudre le point suivant :

La contracture de l'hémilangue énervée s'obtient-elle par l'excitation, non plus directe, mais réflexe des fibres vaso-dilatatrices que contient le

---

([3]) *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1883, Supplement, p. 133-177.
([4]) *Arch. de Physiol. norm. et path.*, 5e série, 2, 1890, p. 430-435.
([5]) *Le système nerveux autonome*, traduction Tiffeneau, 1923, p. 89.
([6]) *Pflüger's Arch.*, 197, 1922, p. 270-287.
([7]) *Lancet*, 216, 1929, p. 1285.
([8]) *Pflüger's Arch.*, 232, 1933, p. 88-104.

tympanico-lingual ? Déjà, en d'autres domaines, on s'est préoccupé de démontrer que les nerfs *cholinergiques* ne libèrent pas de l'acétylcholine seulement lorsqu'ils sont excités électriquement, mais aussi quand on les met en jeu par leur stimulant physiologique ([9]).

En ce qui concerne le phénomène de Philippeaux-Vulpian, nous avons



pu constater qu'on l'obtient par excitation du bout central du nerf de Héring, correspondant ou opposé à l'hémi-langue énervée. C'est à la condition toutefois que la faradisation soit prolongée : la contracture s'ébauche après un temps perdu de 30 à 45 secondes et n'est pleinement développée qu'au bout de 1 minute et demie à 2 minutes. Les photographies ci-jointes, faites au cours de l'expérience du 7 janvier dernier, montrent clairement la

---

([9]) Ainsi Engelhart a trouvé que l'humeur aqueuse de la chambre antérieure de l'œil acquiert les propriétés d'une solution d'acétylcholine lorsque la pupille s'est contractée par l'éclairage plus ou moins prolongé de l'œil (*Pflüger's Arch.*, 227, 1931, p. 220).

position de la langue : *a*. au repos; *b*. pendant une injection de $0^{\gamma},1$ d'acétylcholine dans l'artère linguale droite, celle de l'hémi-langue énervée; *c*. pendant l'excitation du nerf de Héring droit; *d*. pendant l'excitation du nerf de Héring gauche.

Conclusion. — La réaction pseudo-motrice de Philippeaux-Vulpian peut être obtenue au cours d'une faradisation prolongée du nerf de Héring. La libération d'acétylcholine, jugé à la contracture qu'on obtient, résulte aussi bien des excitations *réflexes* que *directes* du tympanico-lingual.

PHYSIOLOGIE. — *Étude biométrique de la carence en cystine chez le Rat.* Note de M. **Max Lafon**, présentée par M. Louis Lapicque.

J'ai montré [1] que la carence en lysine ne suspend pas toute croissance. On observe chez les animaux carencés un ensemble de phénomènes antagonistes : croissance de certains organes, régression de certains autres. Les animaux carencés, dont la croissance a été arrêtée ou tout au moins très ralentie, ne sont nullement identiques dans leurs proportions à des animaux parvenus naturellement au même poids. Ces croissances partielles, que la carence en lysine n'empêche pas, s'expliquent, soit en admettant un transfert de lysine, soit en attribuant à ce corps un rôle plus régulateur que constructif.

La cystine, comme la lysine, est indispensable à la croissance, sinon à l'entretien. On peut se demander si la carence en cystine détermine, comme la carence en lysine, des phénomènes de compensation. C'est l'objet de la présente Note.

On sait que la caséine est particulièrement pauvre en cystine (environ 0,25 pour 100). En faisant varier la proportion de caséine, seul constituant protéique de leur régime, Osborne et Mendel [2] ont pu obtenir à volonté croissance normale, croissances diversement ralenties, entretien et perte de poids. L'examen de leurs graphiques montre qu'à un taux de 6 pour 100 de caséine correspond un entretien prolongé sans croissance appréciable. L'adjonction de cystine, à raison de 0,4 pour 100 de la ration totale, entraîne aussitôt une reprise normale de la croissance. J'ai donc constitué le régime suivant : amidon, 70 pour 100; saccharose, 18 pour 100;

---

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 955.
(2) *Journ. of Biol. Chem.*, **20**, 1915, p. 351; **26**, 1916, p. 1.

caséine purifiée, 6 pour 100; mélange salin d'Osborne et Mendel, 4 pour 100; levure sèche de Byla, 1,5 pour 100; extrait de vitamines liposolubles, 0,5 pour 100.

L'apport azoté fourni par un tel régime est faible, mais il n'y a pas insuffisance protéique globale et la carence est strictement spécifique. En effet, un régime témoin, identique au précédent mais supplémenté par 0,4 pour 100 de cystine, fut fourni pendant 5 mois à 6 rats (3 mâles et 3 femelles), provenant des mêmes portées que les rats carencés. Ces animaux témoins crûrent normalement et leur poids passa de $30^g,5 \pm 0,8$ au 30e jour à $221^g,7 \pm 2,6$ au 180e jour.

L'expérience de carence porta sur 25 animaux (13 mâles et 12 femelles) et dura 210 jours. La caséine et la levure apportant une faible quantité de cystine ($0^g,015$ de la ration totale en ce qui concerne la caséine), il ne fut pas possible d'obtenir un arrêt de croissance total et général. Le lot carencé passa en 7 mois de $31^g,7 \pm 0,6$ à $101^g,2 \pm 6,3$. On remarquera la variabilité du poids final : selon les individus, on a, pour un même taux de cystine dans la ration, ou bien arrêt complet de la croissance globale ou bien simple ralentissement. En tout cas, l'action de la carence est très nette : le poids moyen atteint au 8e mois étant celui que le Rat atteint normalement au 70e jour.

Il convenait donc de comparer les animaux carencés à des animaux de même poids. Je constituai pour cela un lot témoin de 20 animaux (10 mâles et 10 femelles) de la même souche que les animaux carencés, mais parvenus naturellement au poids de $100\text{-}102^g$ au cours de leur croissance (vers le 70-75e jour). Cette comparaison entre animaux de même poids permet de déterminer s'il y a eu modification dans les rapports biométriques des organes.

Le tableau ci-après donne les poids comparés, frais et secs, de divers organes, en milligrammes, pour les deux lots.

	Rats carencés.		Rats témoins.	
	Poids frais.	Poids sec.	Poids frais.	Poids sec.
Œil	119 ± 3,6	23,4 ± 0,7	99 ± 2,1	16,8 ± 0,2
Rein	642 ± 24	111 ± 2,6	477 ± 15	99 ± 1,9
Foie	5350 ± 198	1172 ± 46	6083 ± 152	1580 ± 39
Trouble digestif.	4890 ± 173	878 ± 39	6327 ± 140	1260 ± 32
Testicule	633 ± 17	85,6 ± 2,3	759 ± 13	98,9 ± 1,8
Rate	227 ± 13	44,9 ± 2,3	283 ± 12	56,6 ± 2,2
Thymus	72,8 ± 3,7	15,5 ± 0,8	270 ± 6	55,2 ± 2,1

	Rats carencés.		Rats témoins.	
	Poids frais.	Poids sec.	Poids frais.	Poids sec.
Hypophyse.....	3,7 ± 0,3	–	*4,5 ± 0,2	**6,2
Tibia..........	226,5 ± 8	172 ± 5	235 ± 9,5	136 ± 6
Fémur.........	309,6 ± 13	199,7 ± 7,8	285 ± 10,5	151,5 ± 6,4
Cubitus........	59,4 ± 1,6	47,6 ± 1,3	58,2 ± 1,2	39,6 ± 0,7
Encéphale......	1749 ± 31	344,4 ± 5,8	1685 ± 24	353,5 ± 4,9
Surrénales......	22,7 ± 1,3	–	*24,4	**28,7 ± 1
Cœur..........	437 ± 11,4	88,7 ± 2,9	456 ± 12,6	98,7 ± 3,2
Poumons.......	657 ± 15	117,1 ± 4,8	675 ± 14,3	128 ± 5,2
Salivaires.......	280,7 ± 7,2	51,2 ± 1,4	223 ± 8,5	44,8 ± 1,7

* Mâles. ** Femelles.

Ces résultats peuvent se résumer ainsi : croissance de l'œil et du rein et faible croissance des salivaires, malgré la carence; teneur en eau élevée pour le rein; retard de croissance du foie et faible teneur en substances sèches, due à une faible teneur en glycogène; mêmes phénomènes de retard pour le tractus digestif et le testicule, mais le testicule est fonctionnel : des mâles carencés ont fécondé des femelles témoins, qui ont donné des portées normales; arrêt de croissance des surrénales et de l'hypophyse, qui ne présentent pas la différence de taille habituelle entre les sexes; évolution du thymus en fonction du temps, sans rapport avec la carence; le thymus croît, puis regresse; son involution est même accélérée chez les animaux carencés; les possibilités de croissance semblent indépendantes de l'état du thymus : 5 animaux carencés pendant 7 mois furent ensuite ramenés au régime ordinaire mixte; ils crûrent normalement, bien que la régression du thymus fut déjà très avancée; la rate, comme le thymus, régresse chez les rats carencés, mais moins fortement; les os des membres ont même poids frais et même longueur dans les deux lots, mais chez les rats carencés, la teneur en eau et en substances minérales des os est celle de l'os adulte, la calcification se poursuivant malgré la carence; l'encéphale, les poumons, le cœur, la musculature, conservent leurs rapports biométriques normaux.

La carence en cystine, pas plus que la carence en lysine, ne maintient l'organisme stationnaire.

BIOLOGIE MARINE. — *Les époques de fixation des organismes animaux déterminant la salissure des coques de bateaux.* Note de M. **R. Herpin**, présentée par M. Charles Gravier.

J'ai montré ([1]) le rôle capital des Balanes et des Serpuliens dans l'encrassement des coques de bateaux revêtus d'une peinture toxique. Une autre considération de quelque importance est celle des époques de fixation. L'ignorance de ces dernières peut en effet entraîner des conclusions erronées en ce qui concerne l'efficacité des peintures. D'autre part la connaissance précise de ces époques, en ce qui concerne les Balanes et les Serpuliens, permet de déterminer les saisons où il y a intérêt à faire les carénages, afin que les coques restent indemnes le plus longtemps possible.

La méthode employée a été celle des lames immergées et relevées régulièrement chaque semaine. Deux appareils contenant chacun 25 lames ont été mouillés dans le port de commerce : l'un dans l'avant-port, l'autre dans le bassin à flot. Le premier était soumis aux fluctuations de la marée, sans toutefois jamais se découvrir; le second n'était soumis qu'aux variations du niveau de la haute mer. Deux autres appareils furent suspendus au bateau-citerne l'*Amphore*, ancré en petite rade, non loin de la jetée du Homet; l'un fut mouillé à 4^m de profondeur et l'autre à 8^m; mis en place, le 23 janvier 1936, ils restèrent en rade jusqu'au 6 août suivant. A cette époque, un cinquième appareil fut immergé, à 2^m de profondeur, dans l'avant-port militaire, suspendu au grand dock de relevage des sous-marins dont un carénage récent m'avait fait connaître la faune et la flore.

Durant la période d'hiver les seuls animaux qui se sont fixés ont été des Infusoires (Vorticellides, Folliculines, Acinétiens) et des Hydraires; ces derniers paraissent d'ailleurs se fixer toute l'année et, au printemps, leur développement est rapide.

L'encrassement très faible des mois d'automne et d'hiver, constaté sur mes divers appareils, a été confirmé par le carénage de la « Ville d'Ys ». Ce navire, chargé de la surveillance de la pêche dans les régions de Terre-Neuve et du Groenland, ayant séjourné dans le Saint-Laurent en fin de croisière avait dû s'y nettoyer. Après avoir passé l'automne et l'hiver à Cherbourg, il est entré en cale sèche le 4 mars. Son encrassement très

([1]) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1004.

faible, réduit surtout aux parties en saillie, était sensiblement de même nature (Hydraires, Bryozoaires, petites Ascidies) que mon appareil de l'avant-port militaire. Ce cas est en opposition frappante avec celui du *Gaston Rivier*, sorti du bassin le 31 mars 1936 et caréné à nouveau le 28 janvier 1937, sur lequel s'étaient fixés un certain nombre de Balanes et de *Pomatoceros triqueter*.

Il résulte donc de ces faits qu'un bateau caréné en juillet ou plus tardivement ne possédera au mois d'avril suivant qu'un encrassement insignifiant; au bout de deux ans, son encrassement sera vraisemblablement comparable à celui revêtant au bout d'un an un navire caréné en mars.

Les Balanes se sont fixées à partir du début d'avril jusqu'au milieu de juin; si donc un bateau caréné en juillet, tel le *Fresnel*, et repassant au bassin en fin janvier ne présente que peu ou pas de Balanes, on ne peut en conclure à l'efficacité de la peinture. Par contre, les Serpuliens et particulièrement *Pomatoceros triqueter* L. ne sont apparus qu'à partir de juin; il s'en fixait encore en octobre.

Les Bryozoaires arborescents (*Bugula*) deviennent abondants vers la mi-juin, alors que des espèces encroûtantes se fixent tout l'été et l'automne. Les Ascidies apparaissent vers la mi-mai, elles se fixent abondamment tout l'été et se développent très rapidement. On observe encore des fixations à l'automne; mais durant la saison froide, ces animaux ne s'accroissent qu'avec une lenteur extrême.

Ces résultats sont probablement valables pour toute la Manche, en faisant quelques réserves sur la région du Pas-de-Calais. Il serait certainement abusif de les étendre à la Méditerranée. On sait en effet que la période de reproduction des animaux marins varie beaucoup avec la latitude et d'autre part les espèces ne sont pas toutes les mêmes.

Cette Note constitue donc seulement une première approximation, suffisante toutefois pour mettre en évidence l'intérêt pratique de ces recherches et l'aide que peut apporter la zoologie à la solution de problèmes intéressant la navigation.

A $15^{h}50^{m}$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^{h}30^{m}$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1937.

Les insectes fossiles des terrains oligocènes de France, par Nicolas Théobald. Nancy, Imprimerie Georges Thomas, 1937; 1 vol. 25cm.

Joseph-Louis Lagrange (1736-1936). Recueil d'articles en commémoration du 200e anniversaire du jour de sa naissance, in *Travaux de l'Institut de l'Histoire de la Science et de la Technique*. Moscou, Académie des sciences de l' U. R. S. S., 1937; 1 vol. 25cm,5 (en langue russe).

Mollusques terrestres et fluviatiles d'Asie Mineure, par Louis Germain, in *Voyage Zoologique d'Henri Gadeau de Kerville en Asie Mineure*, tome 1, seconde et dernière partie. Paris, Paul Lechevalier, 1936; 1 vol. 25cm,5.

Étude de quelques coaptations chez les crustacés, par Mauricette Macquart, in *Travaux de la station biologique de Roscoff*, fasc. 14. Paris, Les Presses universitaires de France, 1936; 1 fasc. 26cm.

Propriétés générales des fluides moteurs, par Jean Villey, in *Mémorial des sciences physiques*, fasc. XXXIII. Paris, Gauthier-Villars, 1936; 1 fasc. 25cm.

Morphologie des gels lipoïdes. Myéline, Cristaux liquides, Vacuoles, par J. Nageotte; Première partie : Généralités, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 431; Deuxième partie : Structures à surfaces hydrophiles, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 432; Troisième partie : Structures à surfaces hydrophobes. Structures vacuolaires, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 433; Quatrième partie : Planches, 150 Microphotographies, 1 dessin, in *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 434. Paris, Hermann et Cie, 1936; 4 fasc. 25cm,5.

Analogies corpusculaires et ondulatoires, par A. Buhl, in *Mémorial des sciences physiques*, fasc. XXXIV. Paris, Gauthier-Villars, 1937; 1 fasc. 25cm5.

(*A suivre.*)